COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 NOVEMBRE 1884.

PRÉSIDENCE DE M. ROLLAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANATOMIE. — *Sur les sacs respiratoires du* Calao Rhinoceros. Note de M. ALPH. MILNE-EDWARDS.

« En 1865, j'ai eu l'occasion de montrer que, chez un certain nombre d'Oiseaux, l'air, après avoir pénétré dans les réservoirs pneumatiques ordinaires, se répand entre les muscles et la peau. J'ai décrit la disposition de cet appareil d'abord chez le Pélican et le Kamichi, où les mailles du tissu cellulaire sous-cutané, se distendant ainsi, produisent une sorte d'emphysème normal (¹), puis chez le Fou de Bassan et le Marabout, où l'air occupe sous la peau de vastes poches bien délimitées (²). M. Richard Owen

(¹) *Observations sur l'appareil respiratoire de quelques Oiseaux* (*Annales des Sciences naturelles, Zoologie*, 5ᵉ série, t. III, p. 135; 1865.

(²) *Note additionnelle sur l'appareil respiratoire de quelques Oiseaux* (*Op. cit.*, t. VII, p. 12; 1867). *Voir* aussi, sur la disposition des sacs aériens du Fou de Bassan, une Note de M. P. Bert (*Bulletin de la Société philomathique*, p. 143; 1865), et sur les sacs aériens du Marabout une Note de M. Boulart (*Bulletin de la Soc. philomathique*, 7ᵉ série, t. III, p. 129 et 189; 1879).

avait signalé, dès 1836, la légèreté des os du squelette des Calaos, qui tous sont pourvus de trous d'aération ([1]); mais on ne connaissait pas la disposition des sacs respiratoires : on savait seulement, grâce à quelques observations de M. R. Germain, que sous la peau la pneumatose est extraordinaire.

» Cet été, M. P. Fauque, chargé par le Ministre de l'Instruction publique d'une mission scientifique à Sumatra, a rapporté un *Calao Rhinoceros* vivant, qu'il s'est empressé d'offrir à la ménagerie du Muséum. Cet Oiseau est mort récemment, et j'ai pu étudier la conformation de ses réservoirs aériens, dont le développement est remarquable. Les poches intrathoraciques et abdominales ne présentent rien de particulier; mais de tous côtés le corps est entouré par des sacs aériens qui s'interposent entre la peau et la chair, excepté sur la ligne médiane et inférieure, au-dessous du brechet et de l'abdomen, où les téguments sont adhérents aux muscles; de chaque côté de cet espace naît un système de grandes poches qui d'abord occupent les flancs, puis se prolongent jusqu'à l'extrémité de l'aile et s'étendent ensuite en arrière, où on les suit, dans les membres inférieurs, jusqu'aux dernières phalanges des pieds. Ces sacs ne sont pas formés, comme chez les Pélicans et les Kamichis, par les mailles du tissu cellulaire : ils ont des parois propres et d'une grande solidité relative; la base des plumes fait saillie dans leur intérieur, mais l'air ne peut pas entrer dans les tuyaux qui restent fermés. De nombreuses brides fibreuses rattachent la peau aux muscles sous-jacents et des cloisons incomplètes, subdivisant les poches aériennes, servent en même temps à soutenir les nerfs et les vaisseaux qui se rendent dans la peau. Quand tout ce système est distendu par l'air, le corps de l'Oiseau acquiert un volume considérable.

» Au devant du cou, un grand réservoir médian naît dans l'intervalle intrafurculaire; il est en partie séparé par une membrane du sac claviculaire, avec lequel il communique, et il remonte jusqu'au-dessous de la mandibule, se terminant entre les cornes hyoïdiennes et le larynx supérieur. La trachée est libre dans ce réservoir, mais l'œsophage adhère à sa paroi supérieure. Le muscle cléidotrachéen, après avoir pris ses attaches sur le bord de la fourchette, s'épanouit sur les parois de ce sac et ne l'abandonne que pour aller se fixer à la partie supérieure de la trachée; il

---

([1]) R. Owen, *On the concave Hornbill, Buceros cavatus* (*Transactions of the Zoological Society of London*, t. I, p. 117; 1836).

constitue un panicule charnu dont les contractions doivent chasser l'air contenu dans cette poche.

» Au-dessus et sur les parties latérales du cou existe un autre sac incomplètement cloisonné sur la ligne médiane; il s'étend en avant jusqu'au-dessus du crâne, et c'est par son intermédiaire que l'air pénètre dans les cellules du casque et de la mandibule supérieure. Ce réservoir sous-cutané est indépendant des sacs cervicaux situés au-dessous des vertèbres, dans la gouttière où cheminent les deux artères carotides; il se continue sur le dos de l'Oiseau et communique avec les sacs alaires, que l'on peut diviser en deux portions, l'une antérieure, l'autre postérieure.

» La première occupe toute l'étendue de la membrane alaire; elle est limitée en haut par le ligament tenseur de cette membrane, et en bas elle adhère d'abord au muscle biceps, puis dans la région antibrachiale, aux muscles rond pronateur, petit palmaire et cubital postérieur, remplissant l'intervalle laissé entre ces muscles, qui semblent baignés par l'air. Ce sac se continue au-dessus du métacarpien et du doigt principal jusqu'à l'extrémité de celui-ci : il fournit l'air à la partie inférieure de l'humérus, au cubitus, au radius et au pouce de l'aile; des cloisons incomplètes le subdivisent en plusieurs compartiments, et il communique largement avec le réservoir claviculaire.

» Le second sac alaire correspond au *diverticulum* que M. Sappey désigne sous le nom de *prolongement sous-scapulaire et huméral;* mais, au lieu d'être très petit, il est de dimensions énormes, car il s'étend en arrière de l'aile, puis se prolonge au-dessus du corps jusqu'au bassin; il communique sur la ligne médiane avec le sac du côté opposé, et il est traversé par de nombreuses brides rattachant la peau aux aponévroses musculaires. Dans le creux axillaire, il est bordé par le muscle tenseur de la membrane alaire postérieure, puis il suit le long de l'humérus et le muscle triceps, passe en arrière du coude et s'étend dans la région antibrachiale et métacarpienne, s'interposant aux tuyaux de toutes les grandes plumes de l'aile qui le traversent pour aller s'attacher au cubitus; les brides tendineuses et élastiques, servant aux mouvements de rotation des rémiges, adhèrent à ses parois, et c'est lui qui fournit l'air du métacarpien et des phalanges du doigt principal.

» Le sac sous-pectoral est distinct des deux précédents, et ses dimensions n'offrent rien d'exagéré.

» Le membre inférieur est pourvu de réservoirs disposés sur le même plan que ceux du membre supérieur; ils reçoivent l'air par l'intermédiaire

du sac abdominal. L'un d'eux, situé en avant du fémur, est limité d'une part par le muscle couturier et, d'autre part, par le droit antérieur et par les fessiers. Il se prolonge au devant du genou, sur la face antérieure de la jambe, et communique avec le trou pneumatique du fémur. L'autre réservoir, que l'on peut assimiler à celui de la membrane alaire, est situé en arrière de la cuisse; il est limité, d'un côté, par le muscle droit antérieur, et de l'autre côté par le biceps et le demi-tendineux; il occupe le creux poplite et envoie de l'air au tibia et au péroné, puis il se continue le long de la jambe et du métatarsien jusqu'aux dernières phalanges, qui reçoivent l'air par son intermédiaire.

» Indépendamment de ces poches sous-cutanées, on voit de chaque côté du coccyx un sac qui n'est qu'une dépendance du sac abdominal et qui s'étend jusqu'à la dernière vertèbre, en forme de soc de charrue, où il porte l'air, tandis que toutes les autres vertèbres coccygiennes ne sont pas pneumatisées [1].

» Il résulte de cette disposition que, pour son volume, le *Calao Rhinoceros* est remarquablement léger; cet Oiseau est environ de la grosseur d'un dindon, et c'est à peine si son poids dépasse 1500^{gr}. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'action anesthésique du chlorhydrate de cocaïne.* Note de M. VULPIAN.

« Le chlorhydrate de cocaïne est, en ce moment, l'objet de nombreuses recherches, de la part des médecins et des physiologistes. On sait, depuis les expériences de M. Koller, de Vienne, bientôt répétées par d'autres médecins du même pays, que quelques gouttes d'une solution aqueuse du sel de cocaïne, au $\frac{1}{100}$, instillées entre les paupières, déterminent, chez l'homme, une insensibilité complète de la conjonctive oculaire et de la cornée transparente. Cette insensibilité est obtenue au bout de trois ou quatre minutes; elle ne dure que quelques minutes. Pendant qu'elle existe, on peut toucher la conjonctive ou la cornée sans provoquer le moindre mouvement réflexe des paupières de l'œil correspondant, tandis que le plus léger contact portant sur la cornée de l'autre œil détermine aussitôt une brusque occlusion des paupières. Cette observation physiologique a conduit à des applications pratiques d'un grand intérêt, soit pour cal-

---

[1] Ce sont les seules pièces du squelette qui ne reçoivent pas d'air.

mer les douleurs dues à des inflammations de la conjonctive et de la cornée, soit pour effectuer certaines opérations sur ces membranes.

» On a constaté aussi que le chlorhydrate de cocaïne exerce une action anesthésique locale sur le pharynx, le larynx, etc. Des essais se font pour savoir si l'influence anesthésique de ce sel pourrait être utilisée dans le traitement des affections douloureuses des dents, dans celui des névralgies (injections hypodermiques), des gastralgies, etc.

» Des effets physiologiques tout à fait semblables, en ce qui concerne l'œil, peuvent être observés sur les animaux. En instillant deux ou trois gouttes d'une solution aqueuse au centième de chlorhydrate de cocaïne entre les paupières, chez un chien, et en renouvelant cette instillation au bout de deux ou trois minutes, on produit, comme chez l'homme, une anesthésie bornée à la cornée et à la conjonctive mises en contact avec la solution. La membrane nictitante participe à cette insensibilité. Les mouvements réflexes des paupières de l'œil mis en expérience ne se produisent plus lorsqu'on touche ces membranes : ils ont lieu encore d'une façon normale, soit lorsqu'on menace cet œil, soit lorsqu'on touche l'œil du côté opposé. On observe aussi, comme chez l'homme, après plusieurs minutes, un certain degré de dilatation de la pupille du même côté. L'anesthésie est très passagère; elle ne dure que cinq à six minutes, dans ces conditions.

» Si l'on injecte $0^{gr},10$ du sel de cocaïne en solution aqueuse au centième, dans une veine saphène, vers le cœur, sur un chien non curarisé, on voit presque aussitôt les globes oculaires subir une propulsion; ils deviennent plus saillants, en même temps que les paupières s'écartent et que les pupilles s'agrandissent. Il y a là un effet qui rappelle complètement les résultats de la faradisation du bout supérieur du cordon cervical sympathique coupé en travers. A cet effet s'ajoute l'insensibilité absolue des deux cornées transparentes. Ce n'est pas tout. L'animal se met à remuer vivement la tête, la jetant pour ainsi dire à droite, à gauche, en arrière, et renouvelant sans cesse ce mouvement d'agitation. Détaché et mis à terre, il est dans l'impossibilité de se dresser sur ses pattes; il est tantôt sur le ventre, tantôt sur un des côtés du corps, changeant d'attitude à chaque instant, faisant mouvoir ses membres avec rapidité, comme pour courir ou pour sauter, et agitant la tête avec la même impétuosité que lorsqu'il était attaché : il remue aussi la queue avec vivacité. Ce trouble des mouvements n'est pas convulsif; il semble plutôt être le résultat d'une sorte d'ivresse, toute spéciale. La sensibilité des membres est évidemment diminuée; mais elle n'est pas éteinte, car, en pressant avec force les extrémités digitales

de l'un ou l'autre des membres, on provoque un léger gémissement plaintif.

» Dix minutes environ après l'injection intra-veineuse, les troubles du mouvement perdent de leur intensité; le chien commence à se tenir sur ses pattes; il court et marche en titubant; il vient quand on l'appelle, etc. A ce moment, les cornées transparentes ont repris toute leur sensibilité. Cinq minutes plus tard, l'animal est revenu à l'état normal.

» J'ai renouvelé cette expérience sur un chien curarisé, pour étudier l'action du chlorhydrate de cocaïne sur les sécrétions. La respiration artificielle étant bien entretenue, on avait mis à découvert les canaux excréteurs de la glande sous-maxillaire, du pancréas, le canal cholédoque et l'un des uretères, on y avait fixé des tubes métalliques, et l'on avait compté le nombre de gouttes que chacun de ces tubes laissait échapper en une minute. L'injection intra-veineuse (veine saphène) de 4^{cc} d'une solution aqueuse de chlorhydrate de cocaïne, au centième, a déterminé, comme chez le chien non curarisé, une saillie notable des globes oculaires, avec écartement des paupières et dilatation des pupilles. Quant aux sécrétions, elles n'ont subi aucune modification, sauf pourtant celle de la salive sous-maxillaire, qui est devenue beaucoup plus abondante (40 gouttes par minute, au lieu de 1 à 2). Ce flux salivaire durait encore, au même degré, dix minutes après l'injection, et une nouvelle introduction, dans les veines, de 4^{cc} de la même solution, ne l'a pas fait varier. Cinq à six minutes plus tard, on a injecté, dans la même veine et toujours dans le même sens, 2^{cc} d'une solution aqueuse de sulfate d'atropine au centième. L'action d'arrêt exercée sur l'écoulement salivaire s'est manifestée, mais beaucoup plus lentement que dans les cas de ptyalisme provoqué par la pilocarpine; au bout de dix minutes, on voyait encore, de minute en minute, une goutte de salive se détacher de l'extrémité du tube fixé dans le canal de Wharton. Pendant la durée de l'expérience, les mouvements du cœur, d'abord irréguliers, se sont régularisés et sont devenus un peu plus fréquents que dans l'état normal.

» Le chlorhydrate de cocaïne exerce aussi son action anesthésique locale sur les grenouilles. On produit facilement l'insensibilité de la cornée et de la paupière inférieure, en déposant sur ces parties deux ou trois gouttelettes de la solution au centième de ce sel; la pupille s'élargit aussi quelque peu. On peut, de même, rendre insensible telle ou telle partie du corps par le même procédé. Si l'on fait, par exemple, tremper les doigts d'un des membres antérieurs, une ou deux fois, dans la solution, ces

doigts deviennent, en quelques minutes, tout à fait insensibles, et l'on peut presser tel ou tel de ces doigts, avec force, entre les mors d'une pince anatomique, sans provoquer le moindre mouvement de l'animal, tandis que la même excitation faite sur les doigts de l'autre membre antérieur détermine aussitôt une vive agitation. L'expérience est encore plus frappante lorsqu'elle porte sur un des membres postérieurs. En plongeant, pendant quelques instants, le pied d'une grenouille dans cette même solution au centième, on obtient une insensibilité complète des doigts et de la membrane qui les unit. Si l'on a préalablement coupé la moelle épinière en travers, au niveau de l'origine des nerfs brachiaux, les excitations des extrémités digitales anesthésiées par le sel de cocaïne ne suscitent aucun mouvement réflexe, tandis que le pincement des doigts de l'autre membre postérieur est suivi tout aussitôt d'une brusque flexion des divers segments de ce membre. De même que chez le chien, l'action anesthésique locale du chlorhydrate de cocaïne est très passagère chez la grenouille. Ce sel absorbé sous la peau n'exerce pas une influence bien manifeste sur les mouvements du cœur. Quelques gouttes de la solution au centième, mises directement en contact avec cet organe, ralentissent manifestement ses mouvements. »

MINÉRALOGIE. — *Contribution à l'étude des gîtes phosphatés dans la région du sud-est de la France.* Note de M. P. DE GASPARIN.

« Les phosphates se trouvent principalement, en gîtes plus ou moins étendus, dans les couches néocomiennes à l'état de phosphates de chaux ou de fer en masses sans organisation apparente, et dans les grès verts sous une forme organisée. Ainsi, dans les départements de la Drôme et de l'Isère, le *gault* interposé entre les calcaires urgoniens et le terrain crétacé supérieur contient des ammonites, des oursins, des térébratules et des fragments de coquillages même bivalves, qui, sur certains points, à Reneuril, à Clansagis, aux Bauges en Savoie, à Villars-des-Lins, à la perte du Rhône, etc., contiennent, suivant les analyses de M. le Professeur Lory publiées en 1872, de 30 à 16 pour 100 d'acide phosphorique.

» Il faut remarquer que, si l'on sépare avec autant de soin que possible la partie visible des fossiles, la gangue enveloppante ne contient plus que $0^{m},95$ d'acide phosphorique. C'est un grès ordinaire à ciment calcaire, dans lequel la présence de l'acide phosphorique semble tenir principalement aux particules de fossiles qu'on n'a pu séparer mécaniquement.

» J'ai eu à m'occuper de l'analyse des phosphates du Sud-Est, pour concourir à une enquête ouverte par M. Risler, et ma curiosité a été vivement excitée par la question suivante, qui se posait devant moi. Quelle est l'origine de l'acide phosphorique accumulé dans les fossiles et les coprolithes du gault? Cette accumulation est-elle le produit physiologique de ces existences antédiluviennes, qui se différencieraient ainsi des espèces comparables de notre temps, qui ne contiennent dans leurs enveloppes l'acide phosphorique qu'en proportion minime, ou bien l'accumulation de l'acide phosphorique, dans ces fossiles, tient-elle à un transit prolongé, à une filtration d'eaux contenant des phosphates solubles à travers un calcaire poreux, rencontrant là une place d'élection pour la fixation de l'acide phosphorique, tandis que la matière enveloppante, sablonneuse, qui a servi plus tard à former les grès, se présentait dans des conditions beaucoup moins favorables? Si l'on admettait cette hypothèse, l'accumulation de l'acide phosphorique dans les fossiles du gault serait postérieure à l'existence de l'animal, se serait produite après la destruction complète des matières organiques et aurait concouru à la fossilisation. Quant à l'intérieur de la coquille, il a été évidemment rempli de la gangue sablonneuse enveloppante, et il n'est possible d'en faire le départ que lorsque cette gangue manque de cohésion par l'incomplète solidification du ciment calcaire qui donne au grès du gault sa compacité.

» Cette dernière opinion me semble la plus probable. En effet, si l'on analyse des coquillages de même nature, des ammonites par exemple, qui se trouvent abondamment dans les formations néocomiennes, comme dans le grès vert, on reconnaît que cette richesse disparaît entièrement. Sans doute, ici, la séparation de l'enveloppe est impossible, et le titre phosphorique doit être très affaibli; cependant il devrait en rester quelque chose. Or voici l'analyse complète d'une ammonite des Alpines à la carrière de Saint-Étienne du Grès, près de Tarascon, sur 100 parties :

Silice	7,980
Carbonate de chaux	90,380
Carbonate de magnésie	0,760
Potasse	0,040
Sesquioxydes	0,790
Acide phosphorique	0,050

» Si cette hypothèse sur le mode d'imprégnation des fossiles est fondée,

il doit arriver aussi que des masses calcaires crayeuses soient exposées à ce transit d'eaux phosphatées, et présentent quelquefois, sur des kilomètres, des masses phosphatées semblables, pour la richesse, aux ammonites de certains points du gault. Or c'est justement ce qui arrive. A Viviers, à Tavel, sur la rive droite du Rhône, à Saint-Maximin, dans le Var, des masses énormes de roches calcaires et ferrugineuses présentent un dosage d'acide phosphorique variant, d'après mes analyses, de 34 à 20 pour 100; et même dans le terrain oxfordien, à Quissac, une roche calcaire et alumineuse, sans fer, contient 22 pour 100 d'acide phosphorique.

» J'ai également analysé les fossiles déjà étudiés par M. Lory; mes analyses ne faisant que confirmer les siennes, je n'en parle que pour mémoire. Je ferai remarquer, en passant, qu'on ne pourra exploiter ces gîtes à ammonites ou à coprolithes, dans la vallée du Rhône, qu'après l'épuisement des gîtes de phosphorites compacts, et heureusement on n'en est pas encore là, sans compter les réserves énormes et très riches de l'Espagne. Un fragment de la roche de Peñaflores, près de Séville, qui m'a été envoyé, contenait 40 pour 100 d'acide phosphorique anhydre.

» Ce qui semblerait confirmer qu'il y a eu, à une certaine époque, un suintement continu des eaux à travers ces gîtes, c'est que certaines parties, à Tavel notamment, présentent cette conformation, tantôt caverneuse, tantôt en polypier, qui caractérise ce mouvement particulier des eaux incrustantes.

» On demandera maintenant quelle a été l'origine de ces eaux incrustantes phosphatées. Cette question est livrée à la sagacité des géologues. Comme chimiste, je pourrais la présumer dans les convulsions volcaniques du massif des Cévennes, pour les gîtes de la rive droite du Rhône. Mes nombreuses analyses, auxquelles je dois associer les belles études de M. Ricciardi sur les laves de la Sicile, prouvent la richesse en acide phosphorique des formations volcaniques, et rien n'empêche de penser qu'elles ont dû être accompagnées d'éruptions aqueuses acides. »

MÉMOIRES LUS.

ÉLECTRICITÉ. — *Démonstration expérimentale de l'inversion de la force électromotrice du contact fer-cuivre à température élevée.* Note de M. F.-F. Le Roux.

(Renvoi à la Section de Physique.)

« Le physicien français Peltier a reconnu que la jonction de deux métaux hétérogènes s'échauffe ou se refroidit suivant qu'elle est traversée par un courant dans un sens ou dans l'autre.

» M. Edm. Becquerel remarqua plus tard que, si l'on compare ces effets thermiques au sens du courant produit par le couple des mêmes métaux, en vertu de la différence de température des deux soudures, ce courant a généralement pour effet de refroidir la jonction chaude et de réchauffer la froide.

» La même année, M. Helmholtz, dans son célèbre Mémoire *Sur la conservation de la force*, rattachait ces mêmes effets à la Thermodynamique, en supposant toutefois que, dans les couples thermo-électriques, l'application de la chaleur ne fait naître de forces électromotrices qu'aux jonctions. Ce fut Sir William Thomson qui remarqua qu'une telle supposition se trouvait en contradiction avec les principes de la Thermodynamique, au moins pour les couples sujets à inversion, tels que le couple fer-cuivre. Il en conclut que dans la masse même de chacun des métaux doivent exister des forces électromotrices prenant naissance entre les tranches successives, en raison de leurs différences infiniment petites de température.

» Dans un travail publié en 1867, et auquel l'Académie a bien voulu donner son approbation, j'ai fourni, pour un grand nombre de métaux usuels, des mesures relatives de ces forces électromotrices. Pour abréger, je les appellerai *de genre Thomson*, celles qui existent aux jonctions étant dites *de genre Peltier*.

» J'ai donné aussi des valeurs absolues de celles-ci, entre 0° et 25°, déduites d'observations calorimétriques, les premières et, je crois, les seules qui aient été faites sur ce sujet. Mais il n'a pas été possible de faire la part entre les forces du genre Thomson et celles du genre Peltier, même aux températures ordinaires.

» Dans le couple fer-cuivre, par exemple, il se pourrait aussi bien que l'inversion fût produite par le changement de signe de la force électromotrice à la jonction chaude, que par une variation convenable des forces électromotrices des deux genres. A la vérité, la théorie des courants thermoélectriques donnée par Sir William Thomson, ou la théorie équivalente de M. Tait, conduisent à cette conclusion qu'il y a bien inversion de la force électromotrice à la jonction chaude, quand la température dépasse une certaine limite. Les dimensions de cette Note ne comportent pas une exposition, même succincte, de ces théories; je ne saurais mieux faire que de renvoyer à l'excellente analyse qu'en donnent MM. Mascart et Joubert, dans leurs *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*. Le seul point que je veuille en retenir, c'est qu'elles s'appuient à la fois sur les principes de la Thermodynamique et sur des résultats expérimentaux qui ne correspondent qu'à une portion relativement restreinte de l'échelle des températures.

» Telles sont les considérations qui m'ont paru rendre particulièrement intéressante la détermination directe du sens de la force électromotrice du contact fer-cuivre, à des températures voisines de la fusion du second de ces deux métaux. Le procédé expérimental que j'ai employé est celui de la constatation du sens de l'effet Peltier, produit par un courant de sens connu. Étant donnés deux contacts fer-cuivre, traversés en sens contraire par un même courant, il s'agissait d'apprécier le sens de la différence de leurs températures. Cette différence est sensiblement proportionnelle aux quantités de chaleur absorbée et dégagée aux deux jonctions, quantités qui peuvent s'évaluer par le produit de l'intensité du courant par la force électromotrice inconnue. Celle-ci n'est certainement qu'une faible fraction de volt; il était donc nécessaire d'avoir une grande intensité de courant. Celle que j'ai pu réaliser était en moyenne de 350 ampères, et dans ces conditions l'effet thermique aux jonctions ne devait pas atteindre un centième de calorie par seconde.

» Restait à trouver un moyen thermométrique, ou plutôt thermoscopique, compatible avec l'élévation considérable de la température. J'ai pu utiliser, dans ce but, la variation rapide de la fonction de la température qui exprime l'intensité de la lumière émise par les corps incandescents. Aux environs de 1000°, les deux jonctions fer-cuivre ont pu présenter des différences d'éclat assez sensibles pour être appréciées à l'œil. J'ai pu aussi manifester les mêmes différences par l'impression photographique sur plaques au gélatinobromure.

» Le passage du courant échauffe aussi les conducteurs, suivant la loi de Joule, c'est-à-dire en raison inverse de leur section et proportionnellement au carré de son intensité. Pour que cet effet ne jetât pas de perturbation dans les phénomènes à obtenir, il fallait d'abord que la section fût assez grande pour rendre l'échauffement peu sensible, et aussi que chaque métal eût bien exactement sur toute sa longueur la même section, sans quoi cet échauffement se fût fait sentir inégalement sur les deux branches du couple dont on se proposait de comparer les éclats. En tous cas, on s'assurait toujours que le renversement du courant faisait bien changer le sens de la différence des éclats.

» J'ai employé divers circuits fer-cuivre, dans lesquels le fer était un barreau carré de $0^m,25$ environ de longueur, ayant de $0^m,015$ à $0^m,018$ de côté; ce barreau de fer était replié en fer à cheval; dans les extrémités s'implantaient des tiges de cuivre, de $0^m,009$ environ de diamètre. Le tout était renfermé dans un moufle chauffé au gaz et percé d'une ouverture permettant l'observation. Dans l'un des modèles mis en expérience que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie, j'avais recouvert de lames de platine les faces dont j'observais l'incandescence, afin d'éviter que le rayonnement fût modifié par la couche d'oxyde qui se forme à la surface du fer.

» Les déterminations que j'ai faites dans plusieurs séries d'expériences, avec quelques variantes dans l'installation des appareils, et, par surcroît de précaution, en invoquant l'appréciation de témoins ne pouvant avoir aucune idée préconçue sur le sens du phénomène, m'ont permis de conclure que, vers la température de 1000°, un courant marchant du cuivre au fer échauffe la jonction, tandis qu'il la refroidit à la température ordinaire.

» Ainsi se trouve expérimentalement constaté, pour la première fois, le changement de signe de la fonction de la température qui représente la force électromotrice de contact entre deux métaux, et il y a lieu de supposer que la notion de ce fait peut intéresser non seulement la théorie de la thermo-électricité, mais aussi celle de certains phénomènes chimiques. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Expérience pour servir à l'étude des phénomènes déterminés chez l'homme par l'ingestion stomacale du liquide diarrhéique du choléra.* Note de M. **Bochefontaine**, présentée par M. Vulpian.

(Renvoi à la Commission du legs Bréant.)

« On admet généralement que le contage des maladies épidémiques pénètre dans l'organisme humain par les voies digestives naturelles, principalement avec les aliments solides ou liquides. Il est admis encore que le germe infectieux du choléra réside dans les déjections alvines des cholériques, sous la forme d'un bacille en virgule, en accent circonflexe, etc., étudié dans ces derniers temps par M. Koch.

» Des expériences nombreuses ont été faites sur des animaux, dans le but de reproduire chez eux la maladie cholérique au moyen de la sérosité riziforme diarrhéique du choléra. Ces expériences n'ont pas donné de résultats absolument démonstratifs. Aussi, je me promettais de saisir la première occasion qui se présenterait, pour essayer de voir sur moi-même les effets de l'ingestion stomacale des déjections séreuses des cholériques.

» Cette occasion se présenta le samedi 8 novembre dernier, à l'Hôtel-Dieu.

» Une jeune femme d'une constitution robuste, prise du choléra à 4^h du matin, était entrée trois heures plus tard dans le service de M. Vulpian. Lorsque j'eus connaissance de ce fait, il était $10^h 30^m$, et M. Vulpian venait de terminer sa visite; mais, grâce à l'obligeance de M. Brunon, interne de service, il me fut facile de recueillir un quart de centimètre cube de sang, sur le doigt de la malade, puis une trentaine de centimètres cubes de liquide séreux diarrhéique, contenant une forte proportion de matière riziforme. A ce moment, le visage de la malade était d'une pâleur cadavérique; les mains étaient cyanosées; il y avait des crampes dans les membres inférieurs; les déjections séreuses alvines coulaient sans discontinuer.

» La malade, après avoir eu froid pendant le transport de chez elle à l'hôpital, s'était réchauffée dans le lit. Elle concluait de ce fait qu'elle ne succomberait pas et même qu'elle n'avait pas le choléra, parce que son mari, enlevé quelques jours auparavant par l'épidémie, était resté dans l'algidité sans éprouver la moindre réaction thermique. Aussi, elle redoutait un transfert dans un autre hôpital : « Je vais me refroidir, disait-elle, et mourir dans la » voiture. » On la garda à l'Hôtel-Dieu, où, malgré un traitement actif et persévérant, elle succombait le lendemain à 7^h du soir, après trente-neuf heures de maladie.

» Cependant on avait examiné le sang, qui se coagulait mal, mais dont les globules avaient conservé leurs caractères normaux. Le liquide séreux diarrhéique contenait un

nombre prodigieux de vibrioniens de toute espèce, parmi lesquels dominaient des bactériens très courts, tourbillonnant sous la lamelle du microscope et courant dans tous les sens avec une rapidité telle, qu'il était difficile de les suivre de l'œil. Au milieu de cette foule de vibrioniens on arrivait à reconnaître nettement, mais non sans peine, quelques bacilles en virgule, ou en accent circonflexe.

» Je préparai, le samedi même, avec 5^{cc} de ce liquide, incorporé dans de la poudre de lycopode et de la gomme, cinq grosses pilules molles, que j'avalai successivement, à $3^h 30^m$ de l'après-midi. Puis je bus de suite, en plusieurs fois, un grand verre d'eau ordinaire.

» A 6^h du soir, apparition de la fièvre, avec chaleur à la peau et cent pulsations par minute (de soixante-dix état normal). Cette fièvre a persisté pendant vingt-quatre heures; à certains moments, le pouls est allé jusqu'à cent vingt. A minuit, quelques nausées; insomnie pendant trois heures; dysurie durant une partie de ce temps, avec petites convulsions fibrillaires dans les muscles des membres inférieurs, dans le front et dans un doigt de la main droite. Inappétence et constipation, pendant vingt-quatre heures. On a pris un verre ordinaire d'eau alcaline purgative, puis tout est rentré dans l'ordre. »

» Le liquide ingéré n'a donc pas été absolument inoffensif, mais on ne saurait dire que les légers symptômes dont il a provoqué l'apparition sont ceux du choléra.

» Chez les animaux, les résultats ont été plus marqués. On avait injecté sous la peau de quatre cobayes un quart de centimètre cube du liquide séreux diarrhéique. Trois de ces cobayes sont morts, deux dans la nuit de samedi à dimanche, le troisième dans la nuit de dimanche à lundi. Un chien adulte a reçu sous la peau du flanc, de chaque côté, un centimètre cube du même liquide; il a eu, dans la journée de dimanche, des vomissements et de la diarrhée; le lendemain il était revenu à l'état normal.

» Le liquide restant, conservé au laboratoire, a été examiné de nouveau à plusieurs reprises. Cinq jours après avoir été recueilli, il présentait une quantité plus considérable de bactéries plus grosses, immobiles pour la plupart; les bacilles en virgule paraissaient beaucoup plus nombreux et étaient très faciles à voir dans chaque examen microscopique. On a pu colorer ces bacilles.

» Cette expérience démontre que l'ingestion stomacale du liquide diarrhéique du choléra, contenant des bacilles en virgule, ne produit point nécessairement le choléra. »

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur la présence des sels biliaires dans le sang des cholériques et sur l'existence d'un alcaloïde toxique dans les déjections.* Note de M. **G. Pouchet**, présentée par M. Vulpian.

(Renvoi à la Commission du legs Bréant.)

« **1.** Dans une récente Communication, MM. Nicati et Rietsch ont émis l'opinion que le choléra pouvait être envisagé comme une entérite compliquée de rétention biliaire, et ils ont appelé l'attention sur les recherches chimiques à exécuter dans le but d'élucider ce point de Pathologie. Depuis une dizaine de jours, j'ai entrepris, au laboratoire de l'hôpital Saint-Louis, une série de recherches dont je donnerai seulement, aujourd'hui, les premiers résultats.

» J'ai examiné, chez quatre cholériques morts pendant la période algide, le sang contenu dans le cœur et les gros vaisseaux, et j'ai pu déceler à chaque fois la présence d'une quantité notable de sels biliaires. Les précautions les plus minutieuses ont toujours été prises pour éviter le mélange du sang à tout autre liquide. La réaction de ce sang a toujours été *neutre* ou *à peine alcaline*.

» Une autre observation, qui vient donner encore plus d'importance à ce premier résultat, est la suivante : on sait que l'anurie est absolue ou à peu près pendant la période d'état. Or, en recueillant l'urine de malades arrivés à la période de réaction, j'y ai constaté la présence d'une quantité notable de sels biliaires.

» La bile subit, dans sa composition chimique, des altérations fort intéressantes et pouvant expliquer, jusqu'à un certain point, la rareté de l'ictère chez les cholériques. J'ai en effet observé, dans les quatre cas où j'ai fait l'examen du sang, que la vésicule biliaire était gorgée d'une substance semi-fluide, de consistance presque gélatineuse, grisâtre ou à peine colorée en vert, et contenant une notable proportion de matières albuminoïdes.

» Que devient la matière colorante normale de la bile ? D'où proviennent les sels biliaires existant dans le sang ? Ont-ils été formés dans le foie et résorbés par le sang ; ou bien faut-il attribuer leur présence à un défaut de sécrétion du foie ? C'est ce que je ne suis pas encore en mesure de dire, car la solution de ces questions nécessite de longues et délicates recherches. Un fait certain actuellement est celui-ci : il existe, dans le sang

des individus morts pendant la période algide du choléra, une proportion parfois considérable de sels biliaires.

» Les déjections cholériques possèdent presque toujours une forte réaction alcaline.

» 2. Traitées par épuisement au moyen du chloroforme, elles abandonnent à ce dissolvant une substance liquide huileuse, s'oxydant facilement, et douée d'un pouvoir extrêmement toxique. Ce composé est certainement une ptomaïne, et j'en continue actuellement l'étude. L'injection sous-cutanée d'une trace de ce liquide, pratiquée sur une grenouille, la tue rapidement, avec un ralentissement considérable des mouvements du cœur, et l'on observe, après la mort, une rigidité générale des plus intenses. »

M. S.-G. de Kottwitz, M. G. Nancabelli adressent diverses Communications relatives au choléra.

(Renvoi à la Commission du legs Bréant.)

M. Pécholier adresse une Note intitulée « De l'action antizymasique de la quinine sur la fièvre typhoïde ».

(Renvoi à l'examen de M. Charcot.)

M. P. Pichard adresse deux Notes intitulées « Emploi des polysulfures alcalins contre l'oïdium de la vigne », et « Action de quelques substances antiparasitaires sur le mildew de la vigne ».

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

M. Casoni adresse, de Turin, une Note relative à la direction des aérostats.

(Renvoi à la Commission des aérostats.)

MM. Osmond et J. Werth demandent l'ouverture d'un pli cacheté qui a été adressé par eux dans la séance du 9 juillet 1883.

Ce pli, ouvert en séance, par M. le Secrétaire perpétuel, contient un Mémoire intitulé « Théorie cellulaire de la structure de l'acier ».

(Commissaires : MM. Boussingault, Fremy, Tresca).

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse à l'Académie la Lettre suivante :

« La Commission instituée en vue de préparer les résolutions à porter, au nom de la France, devant la Conférence internationale de Washington, relativement à l'adoption d'un premier méridien unique et d'une heure universelle, a émis l'avis qu'il appartenait à la France de saisir cette haute réunion d'une importante réforme dont elle a eu l'initiative, à savoir : *l'application du système décimal à la mesure des angles et à celle du temps*.

» Il était convenu que notre représentant insisterait pour la prise en considération de cette proposition, laquelle, si le Congrès se déclarait sans qualité pour la résoudre, pourrait devenir, après demande de pouvoirs, le sujet d'un nouveau Congrès suivant de près le premier.....

» En vue de répondre aux intentions exprimées par la Conférence, je serais tout disposé à constituer prochainement une Commission chargée d'examiner l'opportunité et les conséquences d'un débat scientifique aussi important, mais je ne saurais prendre aucune mesure à cet égard avant que l'Académie des Sciences m'ait désigné elle-même les savants qui devraient être appelés à participer aux travaux de cette Commission. »

(Renvoi aux Sections de Géométrie, d'Astronomie et de Géographie et Navigation.)

M. le **Président**, après cette lecture, demande à M. Janssen, qui assiste à la séance, de vouloir bien donner à l'Académie quelques détails sur sa mission.

» M. Janssen se rend à cette invitation, et, après avoir exprimé son intention de présenter incessamment à l'Académie un compte rendu de sa mission, entre dans quelques développements sur les travaux du Congrès de Washington et sur le rôle scientifique et désintéressé que la France y a tenu.

A l'égard de l'un des objets les plus importants de la mission, et qui est visé dans la Lettre de M. le Ministre, à savoir l'application du système décimal à la mesure des angles et à celle du temps, M. Janssen dit qu'il a la satisfaction d'informer l'Académie que le vœu émis à cet égard par l'As-

semblée de Washington l'a été à la presque unanimité et sans voix opposante.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le premier fascicule d'un « Recueil zoologique suisse », qui lui est adressé par M. *H. Fol;* ce Recueil doit continuer à paraître à Genève par fascicules trimestriels. Quatre fascicules formeront un volume d'environ 700 pages.

2° Un Mémoire imprimé de M. *E. Gautrelet,* intitulé « Contribution chimique à l'étude physiologique de la glycosurie ». (Ce Mémoire, présenté par M. Chevreul, sera renvoyé au Concours de Médecine et Chirurgie, fondation Montyon).

La Société des Sciences, Lettres et Arts de Biarritz informe l'Académie qu'elle se propose d'ouvrir un Congrès international de Climatologie et d'Hydrologie à Biarritz, le 10 octobre 1885.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation de la théorie des quadratures mécaniques.* Note de M. Stieltjes, présentée par M. Tisserand.

« Soit $f(x)$ une fonction qui ne devient pas négative, dans l'intervalle de zéro à l'unité, et soient $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$ des nombres positifs inégaux donnés; lorsque n est pair, égal à $2m$, le système des $2m$ équations

$$(1)\quad \begin{cases} a_1 = \int_0^1 x^{\lambda_1} f(x)\,dx = A_1 x_1^{\lambda_1} + A_2 x_2^{\lambda_1} + \ldots + A_m x_m^{\lambda_1}, \\ a_2 = \int_0^1 x^{\lambda_2} f(x)\,dx = A_1 x_1^{\lambda_2} + A_2 x_2^{\lambda_2} + \ldots + A_m x_m^{\lambda_2}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ a_{2m} = \int_0^1 x^{\lambda_{2m}} f(x)\,dx = A_1 x_1^{\lambda_{2m}} + A_2 x_2^{\lambda_{2m}} + \ldots + A_m x_m^{\lambda_{2m}} \end{cases}$$

admet une solution par des nombres positifs $A_1, A_2, \ldots, A_m$ et des valeurs de $x_1, x_2, \ldots, x_m$ qui sont positives, inégales et inférieures à l'unité. Cette solution est unique, en faisant abstraction des permutations qu'on peut effectuer simultanément sur les quantités $A_1, A_2, \ldots, A_m$ et $x_1, x_2, \ldots, x_m$.

» De même, lorsque $n = 2m + 1$, le système des équations

$$(2) \qquad a_k = A_1 x_1^{\lambda_k} + A_2 x_2^{\lambda_k} + \ldots + A_m x_m^{\lambda_k} + A_{m+1},$$

où k prend les valeurs $1, 2, \ldots, n$, admet une solution unique, $x_1, x_2, \ldots, x_m$ étant positifs, inégaux et inférieurs à l'unité, $A_1, A_2, \ldots, A_m, A_{m+1}$ étant positifs.

» Lorsque n est pair et qu'on prend $\lambda_k = k - 1$, on se trouve dans le cas des quadratures mécaniques.

» Voici maintenant une interprétation quasi mécanique des formules (1), en supposant qu'aucun des nombres λ_k ne soit égal à zéro. Soit OA une droite de longueur égale à 1. En attribuant à cette droite une densité $f(x)$ à la distance x de l'origine O, on peut considérer $a_1, a_2, \ldots, a_n$ comme des moments par rapport à l'origine O. Supposons maintenant qu'on fasse varier la distribution de la masse, de telle manière que les moments $a_1, a_2, \ldots, a_n$ restent constants. Dans ces conditions, il existe évidemment un minimum de la masse totale. Or ce minimum se présente lorsqu'on place des masses finies $A_1, A_2, \ldots, A_m$ à des distances $x_1, x_2, \ldots, x_m$ de l'origine O, et les équations (1) expriment alors simplement que les conditions imposées aux moments se trouvent vérifiées.

» Nous avons dit que, dans les formules (1), $x_1, x_2, \ldots, x_m$ sont inégaux ; mais, dans un cas spécial, il peut y avoir égalité entre quelques-uns de ces nombres. Cela n'arrive toutefois que, quand la distribution primitive de masse, qui a servi à calculer $a_1, \ldots, a_n$, consiste en une concentration de masses finies dans un nombre de points de OA inférieur à m. Alors cette distribution primitive correspond déjà au minimum. On peut aussi se figurer que, dans ce cas, quelques-unes des quantités $A_1, \ldots, A_m$ s'évanouissent.

» Les équations (2) admettent une interprétation semblable : la masse A_{m+1} se trouve alors à l'extrémité A de la droite.

» D'après ce qui précède, on a, dans les deux cas,

$$A_1 + A_2 + \ldots + A_m \leqq \int_0^1 f(x)\,dx,$$

$$A_1 + A_2 + \ldots + A_{m+1} \leqq \int_0^1 f(x)\,dx. \text{ »}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions hyperfuchsiennes qui proviennent des séries hypergéométriques de deux variables.* Note de M. E. **Picard**, présentée par M. Hermite.

« Considérons tout d'abord la série hypergéométrique de Gauss

$$F(\alpha, \beta, \gamma, x)$$

et l'équation linéaire du second ordre E, à laquelle elle satisfait. Posons

$$\alpha = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} + \frac{1}{p}\right), \quad \beta = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} - \frac{1}{p}\right), \quad \gamma = 1 - \frac{1}{m},$$

m, n et p étant trois entiers positifs, tels que

$$\frac{1}{m} + \frac{1}{n} + \frac{1}{p} < 1,$$

et soient ω_1 et ω_2 deux intégrales de l'équation E; la relation

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = u$$

donnera pour x une fonction uniforme de u. Ce résultat, énoncé d'abord par M. Schwarz, a été retrouvé par M. Poincaré dans sa théorie générale des fonctions fuchsiennes; il a fait aussi l'objet d'une intéressante Communication de M. Halphen (*Comptes rendus*, 1881).

» Envisageons maintenant la fonction hypergéométrique de deux variables

$$\int_g^h u^{b_1-1}(u-1)^{b_2-1}(u-x)^{b_3-1}(u-y)^{\lambda-1}\,du,$$

g et h désignant deux des quantités 0, 1, x, y et ∞. On sait que cette fonction de x et y satisfait à un système S de trois équations linéaires aux dérivées partielles, ayant trois solutions communes linéairement indépendantes.

» Prenons maintenant sept entiers positifs, supérieurs à deux, m, n, p, q, m', n', q', liés par les relations

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{3m} + \frac{1}{3p} - \frac{2}{3n} - \frac{2}{3q} = \frac{1}{m'},$$

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{3n} + \frac{1}{3p} - \frac{2}{3m} - \frac{2}{3q} = \frac{1}{n'},$$

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{3q} + \frac{1}{3p} - \frac{2}{3m} - \frac{2}{3n} = \frac{1}{q'},$$

et posons

$$b_1 = 1 - \frac{1}{n'} - \frac{1}{q},$$

$$b_2 = 1 - \frac{1}{m'} - \frac{1}{q},$$

$$b_3 = \frac{1}{3}\left(1 + \frac{1}{m'} + \frac{1}{n'} + \frac{1}{p} + \frac{1}{q'}\right),$$

$$\lambda = \frac{1}{3}\left(1 + \frac{1}{m} + \frac{1}{n} + \frac{1}{p} + \frac{1}{q}\right).$$

» Formons alors le système correspondant S, dont nous désignerons par ω_1, ω_2 et ω_3 trois solutions linéairement indépendantes; les équations

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = u, \quad \frac{\omega_3}{\omega_1} = v$$

donneront pour x et y des fonctions uniformes de u et v : ce sont des fonctions hyperfuchsiennes de ces variables. Elles n'existent pas pour toute valeur de u et v, et l'on peut choisir ω_1, ω_2 et ω_3, de telle sorte que le domaine dans lequel elles sont déterminées soit l'intérieur de l'hypersphère

$$u'^2 + u''^2 + v'^2 + v''^2 = 1,$$

en posant

$$u = u' + iu'' \quad \text{et} \quad v = v' + iv''.$$

» Dans un Mémoire précédent [*Sur des fonctions de deux variables, analogues aux fonctions modulaires* (*Acta. math.*, t. Ier)], j'ai fait l'étude d'un cas particulier rentrant dans le type général que je viens d'indiquer : c'est celui où l'on a

$$m = n = m' = n' = p = 3 \quad \text{et} \quad q = q' = \infty. »$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réduction des intégrales abéliennes.* Note de M. H. **Poincaré**, présentée par M. Hermite.

« Si un système d'intégrales abéliennes de première espèce et de genre n contient plus de n intégrales réductibles aux intégrales elliptiques, il en contient une infinité.

» Pour démontrer ce résultat, que les récentes découvertes de M. Picard devaient faire prévoir, je supposerai $n = 3$, afin de fixer les idées.

» Soient y_1, y_2, y_3 trois intégrales abéliennes, la première réductible

aux intégrales elliptiques. M'appuyant sur un théorème de M. Weierstrass, je supposerai que le tableau des périodes normales de ces intégrales s'écrit

$$\begin{array}{cccccccl} 1 & 0 & 0 & G & h & 0 & & (\text{pour } y_1), \\ 0 & 1 & 0 & h & G' & H & & (\text{pour } y_2), \\ 0 & 0 & 1 & 0 & H & G'' & & (\text{pour } y_3), \end{array}$$

h étant commensurable.

» Je dis que si l'intégrale $\alpha y_1 + \beta y_2 + \gamma y_3$ est réductible, il en sera de même de $\nu\alpha y_1 + \beta y_2 + \gamma y_3$ (ν étant un nombre commensurable quelconque).

» En effet, les périodes de l'intégrale $\alpha y_1 + \beta y_2 + \gamma y_3$ s'écrivent

$$\varpi_1 = \alpha, \quad \varpi_2 = \beta, \quad \varpi_3 = \gamma,$$
$$\varpi_4 = G\alpha + h\beta, \quad \varpi_5 = h\alpha + G'\beta + H\gamma, \quad \varpi_6 = H\beta + G''\gamma.$$

» Pour que l'intégrale soit réductible, il faut et il suffit que ces périodes se réduisent à deux, c'est-à-dire qu'il y ait entre elles quatre relations linéaires à coefficients commensurables de la forme

$$(1) \qquad A_i\varpi_1 + B_i\varpi_2 + C_i\varpi_3 + A'_i\varpi_4 + B'_i\varpi_5 + C'_i\varpi_6 = 0 \quad (i = 1, 2, 3, 4).$$

» L'intégrale $\nu\alpha y_1 + \beta y_2 + \gamma y_3$ a pour périodes

$$\varpi'_1 = \nu\alpha, \quad \varpi'_2 = \beta, \quad \varpi'_3 = \gamma,$$
$$\varpi'_4 = G\nu\alpha + h\beta, \quad \varpi'_5 = h\nu\alpha + G'\beta + H\gamma, \quad \varpi'_6 = H\beta + G''\gamma.$$

» Or les relations (1) peuvent s'écrire

$$(1\ bis) \quad \left\{ \begin{aligned} &\left[\frac{A_i}{\nu} + hB'_i\left(\frac{1}{\nu} - 1\right)\right]\varpi'_1 + \left[B_i + hA'_i\left(1 - \frac{1}{\nu}\right)\right]\varpi'_2 \\ &\qquad + C_i\varpi'_3 + \frac{A'_i}{\nu}\varpi'_4 + B'_i\varpi'_5 + C'_i\varpi'_6 = 0. \end{aligned} \right.$$

» Il y a donc, entre les six périodes ϖ', quatre relations linéaires à coefficients commensurables. Donc l'intégrale $\nu\alpha y_1 + \beta y_2 + \gamma y_3$ est réductible. C. Q. F. D.

» On déduit aisément de là que, si le système d'intégrales du troisième genre considéré contient plus de trois intégrales réductibles, il en contient une infinité. Si les quatre intégrales y_1, y_2, y_3 et $\alpha y_1 + \beta y_2 + \gamma y_3$ sont réductibles, il en est de même de $\lambda\alpha y_1 + \mu\beta y_2 + \nu\gamma y_3$ (λ, μ et ν étant des coefficients commensurables quelconques).

» D'après le théorème de M. Weierstrass, cité plus haut, on peut toujours choisir les périodes normales pour que le Tableau des périodes d'une intégrale réductible s'écrive (pour $n = 3$, par exemple)

$$1 \quad 0 \quad 0 \quad G \quad \frac{k}{D} \quad 0,$$

où le nombre entier D est l'entier caractéristique de la réduction.

» Il est toujours facile de déterminer cet entier. Supposons, en effet, que $n = 2$ et qu'on ait trouvé pour les périodes normales d'une intégrale réductible

$$|\alpha, \beta, \lambda\alpha + \mu\beta, \lambda'\alpha + \mu'\beta|,$$

λ, μ, λ' et μ' étant commensurables. L'entier caractéristique sera égal à $\mu - \lambda'$ divisé par la plus grande commune mesure des six quantités 1, λ, μ, λ', μ' et $\lambda\mu' - \lambda'\mu$.

» Mme de Kowalewski, étudiant un système d'intégrales abéliennes du troisième genre, a rencontré quatre intégrales réductibles sans que sa méthode lui en ait fait découvrir d'autres. Ce fait, en apparence contraire à ce qui précède, s'explique aisément, car elle ne s'est occupée que des intégrales pour lesquelles l'entier caractéristique D est égal à 2.

» Je terminerai par la remarque suivante :

» Soit un système d'intégrales du second genre et soit

$$\begin{matrix} 1 & 0 & G & H \\ 0 & 1 & H & G' \end{matrix}$$

le tableau des périodes normales de ces intégrales. Pour que ce système contienne des intégrales réductibles, il faut et il suffit qu'il y ait entre les périodes G, H et G' une relation de la forme

$$(GG' - H^2) - \lambda G' - \mu' G + (\lambda' + \mu) H + \lambda\mu' - \lambda'\mu = 0,$$

les coefficients λ, μ, λ', μ' étant commensurables.

» D'où cette conclusion qu'un système *quelconque* d'intégrales abéliennes diffère toujours *infiniment peu* d'un système réductible. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'involution des dimensions supérieures;* Note de MM. **J.-S.** et **M.-N. Vaněček**, présentée par M. Ossian Bonnet.

« **1.** Dans notre Mémoire *Sur les lieux géométriques des dimensions supérieures,* cité précédemment, nous avons donné la définition suivante des lieux des dimensions supérieures :

» *Une simple infinité de lieux géométriques de la $n^{\text{ième}}$ dimension sera appelée le lieu géométrique de la dimension* $(n+1)$.

» De là nous avons déduit ce qui va suivre :

» *Soit* γ *le nombre de points qui déterminent une seule courbe* C *d'ordre* c; *les courbes* C, *déterminées par* $\gamma - \gamma_1$ *points, remplissent un lieu géométrique de la dimension* $(2\gamma_1 + 1)$.

» *Soit de plus* σ *le nombre de points déterminant une seule surface* S *d'ordre* s; *les surfaces* S *données par* $\sigma - \sigma_1$ *points forment un lieu géométrique de la* $(\sigma_1 + 2)^{\text{ième}}$ *dimension.*

» Cela posé, nous pouvons passer à l'involution des dimensions supérieures.

» **2.** Une courbe quelconque C rencontre une surface arbitraire S en cs points. Supposons que la courbe C et la surface S soient variables, seulement suivant la loi, que, en prenant quelques-uns de ces cs points, nous obtenons la même courbe C et la même surface S et par suite les mêmes points d'intersection.

» Nous disons que les points de rencontre des courbes C avec les surfaces S forment une involution ; chaque courbe C rencontre chaque surface S en cs points qui forment *un groupe de l'involution.*

» Supposons que les courbes C passent, pendant le changement indiqué, par les mêmes $\gamma - \gamma_1$ points ; elles remplissent ainsi un lieu géométrique (C), dans la dimension que nous venons d'indiquer.

» La même chose a lieu quant au changement des surfaces S qui passent par les mêmes $\sigma - \sigma_1$ points, en formant un lieu géométrique (S), dont la dimension a été de même indiquée.

» Nous allons examiner l'involution qui provient de l'intersection de ces deux lieux.

» **3.** Soient γ_1 le rang du lieu (C) et σ_1 le rang du lieu (S) et supposons que $\gamma_1 > \sigma_1$, ou, en d'autres termes, que le lieu (C) soit d'un rang plus élevé

que le lieu (S), de façon que

$$\gamma_1 = \sigma_1 + d,$$

d étant un nombre positif.

» En prenant σ_1 points $a_1, a_2, \ldots, a_{\sigma_1}$ arbitrairement dans l'espace, il est clair que par ces points passe une seule surface S' du lieu (S). Ces σ_1 points a et $\gamma - \gamma_1$ points donnés déterminent des courbes C du lieu (C) de telle manière que par d autres points une seule courbe C est déterminée. Prenons ces d points $b_1, b_2, b_3, \ldots, b_d$ sur la surface S' et désignons la courbe ainsi déterminée par C'. Elle rencontre la surface S' en

$$cs - (\sigma_1 + d)$$

autres points qui forment avec les points a et b un groupe de l'involution.

» Pour que ce groupe soit en involution, il faut que, en prenant un certain nombre de ces points, nous observions par le procédé dont nous venons de parler toujours le même groupe de points.

» Soient $p_1, p_2, \ldots, p_{cs}$ points de ce groupe. Prenons entre eux σ_1 points arbitraires. Ces points déterminent ladite surface S', sur laquelle se trouvent évidemment aussi les autres points p.

» Les d points arbitraires entre eux déterminent avec les premiers points σ_1 une courbe C qui coïncide avec la courbe C' dont nous avons parlé tout à l'heure. Par conséquent les autres points d'intersection sont les mêmes points p, ou, en d'autres termes, ces points forment un groupe de l'involution.

» Nous voyons donc que :

» *Le lieu* (C) *détermine avec le lieu* (S) *une involution.*

» 4. Considérons le cas où $\sigma_1 > \gamma_1$, c'est-à-dire celui où le lieu (S) est d'un rang supérieur au lieu (C), auquel cas

$$\sigma_1 = \gamma_1 + d.$$

» Nous pouvons déduire, par la même voie que dans l'article précédent, que ces cs points p de rencontre de la courbe C' avec la surface S' jouissent de telle propriété que, en prenant γ_1 points arbitraires entre eux, ces points déterminent une surface S' qui rencontre la courbe C' en ces points p. Le groude cs de points p est donc en involution.

» De là suit que :

» *Le lieu* (C) *détermine avec le lieu* (S) *une involution, quels que soient les rangs des lieux* (C), (S). »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation analogue à l'équation de Kummer* [1]. Note de M. E. GOURSAT, présentée par M. Hermite.

« Des équations (5) et (6) on déduit d'autres formules qui conduisent à des conséquences intéressantes : par exemple, en éliminant D, on trouve

$$(8)\quad \sum_{i=1}^{i=p}[\mathrm{P}(\mu_i-1)-2\mu_i]m_i+(p-2)\left(\sum_{i=1}^{i=p}\mathrm{N}_i-q\right)=2(q-p)-\Delta p.$$

On en déduit sans peine que, si $p>4$, on aura forcément $q>p$, à moins que la substitution ne soit linéaire. Si $p=4$, on aura $q>4$, sauf le cas où l'on aurait $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu_4=2$, $\Sigma\mathrm{N}_i=4$, et alors la transformation sera précisément une transformation de Jacobi. En supposant $p=q=3$, on retombe sur l'équation de Kummer. Ce sont là les seuls cas où l'on ait $q=p$, en faisant abstraction de la substitution linéaire.

» En éliminant $n_1, n_2, \ldots, n_{p-1}$ et D, on parvient à la nouvelle formule

$$(9)\quad \sum_{i=1}^{i=p-1}\frac{\mathrm{N}_i}{\mu_i}+\mathrm{N}_p\left(p-2-\sum_{i=1}^{i=p-1}\frac{1}{\mu_i}\right)+n_p\mu_p\left(p-2-\sum_{i=1}^{i=p}\frac{1}{\mu_i}\right)+\Delta=q-2.$$

Si $p-2-\sum_{i=1}^{p}\frac{1}{\mu_i}$ est positif, le premier membre étant une somme de quantités positives, on voit que les nombres N_i, n_i, Δ auront tous des limites, et par suite le système d'équations proposées n'aura qu'un nombre limité de solutions. Les seuls cas où l'on ait $p-2\leqq\sum_{i=1}^{p}\frac{1}{\mu_i}$ sont, outre le cas que nous venons de citer, les sept cas connus qui correspondent à $p=3$; il est à remarquer que dans chacun de ces cas l'intégrale générale de l'équation (1) s'exprime au moyen des fonctions algébriques, simplement périodiques ou doublement périodiques; par conséquent, en dehors de ces huit cas particuliers, les fonctions rationnelles conduisant d'une équation à p points singuliers non apparents à une équation ayant q points singuliers non apparents *appartiennent à un nombre limité de types différents*.

» On peut faire l'application de ces recherches à l'étude des intégrales algébriques des équations linéaires du second ordre. On sait, en effet,

[1] *Comptes rendus*, séance du 10 novembre 1884.

d'après un beau résultat obtenu par M. Klein, que toutes ces équations peuvent se déduire par un changement de variable de la forme précédente d'une des quatre équations de la série hypergéométrique auxquelles on a donné le nom des quatre types de corps réguliers.

» Supposons, par exemple, que l'on veuille savoir si une équation linéaire du second ordre peut se déduire de cette façon de l'équation de l'icosaèdre régulier. Il faudra d'abord que cette équation n'admette pas de points singuliers logarithmiques; que les exposants de discontinuité des intégrales dans le domaine de chaque point critique soient commensurables et, en outre, que la différence des exposants relatifs à un même point, réduite à sa plus simple expression, ait pour dénominateur l'un des nombres 2, 3, 5; admettons de plus, pour fixer les idées, que l'équation n'ait pas de points singuliers apparents. Les équations (5) et (6) deviennent

$$D = N_1 + 2n_1 = N_2 + 3n_2 = N_3 + 5n_3,$$
$$n_1 + 2n_2 - 4n_3 + N_1 + N_2 + N_3 - q = 2D - 2,$$

N_1, N_2, N_3 étant fournis par l'équation proposée, et ces équations devront fournir pour n_1, n_2, n_3, D des valeurs entières et positives. S'il n'en est pas ainsi, il sera inutile de continuer le calcul. Si cette condition est remplie, la détermination de la fonction $\varphi(t)$ dépend de calculs algébriques où il n'entre rien d'arbitraire, et l'on aura même, si q est supérieur à 3, un nombre d'équations supérieur au nombre des inconnues. Enfin, si ces équations admettent une solution commune, la fonction rationnelle ainsi obtenue sera la seule qui puisse répondre à la question, et il n'y aura plus qu'à examiner si elle satisfait à l'équation (3). »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de Jacobi relatif à la décomposition d'un nombre en quatre carrés.* Note de M. M. WEILL.

« Jacobi a démontré, au moyen des fonctions elliptiques, que *le nombre des décompositions en une somme de quatre carrés, tous impairs, du quadruple d'un nombre impair, est double du nombre des décompositions de ce même nombre en quatre carrés.*

» Ce résultat peut s'établir directement à l'aide des considérations suivantes :

» 1° L'entier N quelconque étant mis sous la forme $x^2 + y^2 + z^2 + t^2$, il existe deux modes de décomposition, et deux seulement, de $4N$, en une

somme de carrés de quatre nombres, dont chacun est une fonction linéaire et homogène, à coefficients entiers, de x, y, z et t. Ces deux modes de décomposition sont fournis par les identités suivantes :

$$\begin{aligned} 4N &= 4(x^2 + y^2 + z^2 + t^2) \\ &= (x+y+z+t)^2 + (x+y-z-t)^2 + (x-y-z+t)^2 + (x-y+z-t)^2, \\ 4N &= (x+y+z-t)^2 + (x+y-z+t)^2 + (x-y+z+t)^2 + (x-y-z-t)^2. \end{aligned}$$

» Pour démontrer que ces deux modes de décomposition sont les seuls qui satisfont aux conditions imposées, il suffit d'observer que *chacune des fonctions linéaires doit contenir les quatre lettres* x, y, z, t avec les coefficients $+1$ ou (-1); une analyse bien facile montre alors de quelle manière ces coefficients sont distribués.

» 2° Étant donnés cinq nombres impairs A, B, C, D, N, vérifiant l'égalité

$$A^2 + B^2 + C^2 + D^2 = 4N,$$

il existe des *entiers* x, y, z, t, vérifiant les équations

$$\begin{aligned} x + y + z + t &= A, \\ x + y - z - t &= B, \\ x - y - z + t &= C, \\ x - y + z - t &= D, \\ x^2 + y^2 + z^2 + t^2 &= N. \end{aligned}$$

Il existe, en outre, quatre nombres impairs E, F, G, H, vérifiant les égalités

$$\begin{aligned} E^2 + F^2 + G^2 + H^2 &= 4N, \\ x + y + z - t &= E, \\ x + y - z + t &= F, \\ x - y + z + t &= G, \\ x - y - z - t &= H. \end{aligned}$$

Dès lors, à chaque décomposition de N en quatre carrés, x, y, z, t, correspondent deux décompositions de $4N$ en une somme de quatre carrés, tous impairs,

$$\begin{aligned} 4N &= A^2 + B^2 + C^2 + D^2, \\ 4N &= E^2 + F^2 + G^2 + H^2. \end{aligned}$$

D'ailleurs, si N a été décomposé de deux manières différentes en une

somme de quatre carrés, les deux décompositions de $4N$, correspondant à la première manière, seront nécessairement différentes de celles qui correspondent à la deuxième manière; donc, enfin, le nombre des décompositions de $4N$ est bien double du nombre des décompositions de N.

» Des considérations analogues permettent d'obtenir d'autres résultats relatifs à la décomposition d'un nombre en quatre carrés, et notamment le suivant :

» *N étant un entier quelconque, le nombre des décompositions de* $3N$ *en une somme de quatre carrés quelconques est quadruple du nombre des décompositions de* N *en une somme de quatre carrés.*

» Pour le démontrer, considérons les relations, en nombres entiers,

$$N = x^2 + y^2 + z^2 + t^2,$$
$$A^2 + B^2 + C^2 + D^2 = 3N,$$
$$\left\{\begin{array}{l} x + y + z = \varepsilon_1 A, \\ x - y + t = \varepsilon_2 B, \end{array}\right.$$
$$\left\{\begin{array}{l} y + t - z = \varepsilon_3 C, \\ z + t - x = \varepsilon_4 D, \end{array}\right.$$

en désignant par $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots$ l'unité positive ou négative. Si l'on donne les entiers A, B, C, D vérifiant l'égalité

$$A^2 + B^2 + C^2 + D^2 = 3N,$$

il existera toujours des *entiers* x, y, z, t vérifiant toutes les relations indiquées; on s'en assure en résolvant les équations linéaires en x, y, z, t et faisant sur A, B, C, D, relativement au diviseur 3, les hypothèses possibles. Dès lors, en faisant sur x, y, z, t une permutation circulaire, on voit qu'à un système de valeurs A, B, C, D correspond un système de valeurs x, y, z, t, lequel engendre trois nouveaux systèmes de valeurs des entiers A, B, C, D. Donc, à chaque décomposition de N, en correspondent quatre du nombre $3N$. »

MÉCANIQUE. — *Sur les lois du frottement.* Note de M. **Marcel Deprez.**

« La partie purement mécanique d'une des machines réceptrices destinées à l'expérience de transmission électrique de la force qui aura lieu prochainement entre Creil et Paris ayant été terminée il y a quelques jours, j'ai dû procéder à sa réception, c'est-à-dire constater qu'elle pouvait

tourner à la vitesse de six cents tours par minute, pendant une journée entière, sans qu'il en résultât aucun échauffement. Cette condition ayant été remplie, je voulus mesurer approximativement le travail absorbé par les résistances passives, qui sont, en très grande partie, représentées par le frottement des axes dans leurs coussinets. Pour cela, je fis attacher à la poutre de la machine une courroie à laquelle on suspendit des poids croissants, jusqu'à ce que la machine entrât en mouvement. On constata de cette manière qu'un poids de 155^{kg}, agissant tangentiellement sur une poulie de $0^m,45$ de diamètre, était à peine suffisant pour maintenir la machine en mouvement lorsqu'on l'avait lancée avec une très faible vitesse. Le diamètre des tourillons étant de $0^m,12$ et le poids des pièces mobiles de 3800^{kg}, il est facile de s'assurer que le coefficient de frottement est à très peu de chose près égal à 0,15 et que le travail résistant dû à ce frottement s'élève à 220^{kgm} lorsque l'axe de la machine fait une révolution. La vitesse normale devant être de 400 tours par minute, il résulte de ces nombres que le frottement absorberait environ 20 chevaux. Ce résultat, rapproché de ceux que l'on constate journellement dans l'industrie des chemins de fer, où le coefficient de frottement des fusées s'abaisse pour la vitesse des trains de marchandises à 0,015, me parut si mauvais que je voulus le soumettre à un contrôle décisif. N'ayant pas de dynamomètre à ma disposition, j'employai la méthode suivante. Je fis imprimer à la machine une vitesse croissante, et au moment où cette vitesse atteignit environ 600 tours par minute, je donnai l'ordre de faire tomber la courroie qui la mettait en mouvement; puis, un compteur de tours ayant été appliqué sur l'arbre de la machine, je fis noter très exactement, de trente en trente secondes, les nombres de tours faits par la machine.

On obtint ainsi le Tableau suivant :

Temps marqué par le chronomètre.	Nombre de tours marqué par le compteur.	Vitesse moyenne pendant 30 secondes.	Differ. sec.
s			
0	0		
		275	
30	275		15
		260	
60	535		14
		246	
90	781		14
		232	
120	1013		13
		219	
150	1232		12
		207	
180	1439		

Temps marqué par le chronomètre.	Nombre de tours marqué par le compteur.	Vitesse moyenne pendant 30 secondes.	Differ. sec.
s			
		207	
180	1439		11
		196	
210	1635		10
		186	
240	1821		9
		177	
270	1998		8
		169	
300	2167		8
		161	
330	2328		7
		154	
360	2482		

Temps marqué par le chronomètre.	Nombre de tours marqué par le compteur.	Vitesse moyenne pendant 30 secondes.	Différ. sec.	Temps marqué par le chronomètre.	Nombre de tours marqué par le compteur.	Vitesse moyenne pendant 30 secondes.	Différ. sec.
s				s			
360	2482	154		780	4029	80	
390	2629	147	7	810	4105	76	4
420	2769	140	7	840	4178	73	3
450	2902	133	7	870	4248	70	3
480	3029	127	6	900	4315	67	3
510	3150	121	6	930	4379	64	3
540	3267	117	4	960	4440	61	3
570	3379	112	5	999	4497	57	4
600	3486	107	5	1020	4550	53	4
630	3588	102	5	1050	4598	48	5
660	3685	97	5	1080	4640	42	6
690	3777	92	5	1110	4673	33	9
720	3865	88	4	1140	4697	24	9
750	3949	84	4	1154	4702	Arrêt.	
780	4029	80	4				

» Ce Tableau nous fait connaître le nombre de tours en fonction du temps et il est facile d'en déduire l'accélération angulaire et, par suite, le couple retardateur dû au frottement.

» Désignons par

P le poids total des masses en mouvement;
ρ leur rayon de gyration;
ω la vitesse angulaire à l'époque t;
K le travail résistant développé par le frottement pendant un tour entier;
r le rayon des tourillons;
f le coefficient de frottement.

» Nous aurons les relations suivantes :

$$K = \frac{2\pi}{Q} P\rho^2 \frac{d^2\omega}{dt^2}, \quad f = \frac{\rho^2}{Qr}\frac{d^2\omega}{dt^2}.$$

» Dans la machine qui nous occupe, les masses en mouvement se réduisent, à très peu de chose près, à deux disques homogènes en fonte de $1^{m},10$ de diamètre, pesant ensemble 3500^{kg}; l'axe en acier pèse 500^{kg}, mais son moment d'inertie est tout à fait négligeable par rapport à celui des disques. Le rayon des tourillons est de $0^{m},060$.

» En raison de la lenteur avec laquelle la vitesse décroît, on peut, sans commettre d'erreur sensible, remplacer les différentielles par les diffé-

rences finies, de sorte que, en définitive, on peut dire que le coefficient de frottement est proportionnel aux différences secondes inscrites dans la quatrième colonne du Tableau. Or, et c'est là le fait capital qui ressort de cette expérience, ces différences secondes varient depuis 15 jusqu'à 3. Ainsi donc, dans l'expérience citée, le coefficient de frottement a diminué avec une grande régularité en même temps que la vitesse, de telle sorte que sa valeur a varié dans le rapport de 5 à 1, tandis que la vitesse tombait de 550 à 145 tours par minute. De 145 à 120 tours par minute, il est resté sensiblement constant, pour augmenter de nouveau très rapidement à mesure que la vitesse tendait vers zéro. Quant à la valeur absolue de ce coefficient, elle est de 0,025 pour la vitesse de 550 tours par minute et de 0,005 pour la vitesse de 145 tours.

» Quelque étonnant que ce chiffre puisse paraître au premier abord, il me paraît hors de contestation, étant donnée l'extrême régularité avec laquelle se suivent les lectures faites au compteur de tours, et ce fait que la machine a tourné pendant dix-neuf minutes et quatorze secondes avant de s'arrêter, faisant ainsi 4700 tours pour épuiser la force vive initiale. Le coefficient de frottement *moyen* déduit de ces derniers nombres serait égal à 0,013. »

PHYSIQUE. — *Construction d'étalons prototypes de l'ohm légal*; par M. **J.-René Benoit.**

« Après la décision de la Conférence internationale de 1884 qui a défini la valeur de l'*ohm légal*, M. le Ministre des Postes et Télégraphes m'a fait l'honneur de me demander de construire quelques étalons de mercure représentatifs de cette nouvelle unité. Je me trouvais préparé à accepter cette mission par la part de collaboration que j'avais prise à une recherche plus générale, sur l'unité de résistance électrique, à laquelle M. Mascart avait bien voulu m'associer, avec M. de Nerville ([1]). Le travail est aujourd'hui terminé. Il a été exécuté au Bureau international des Poids et Mesures; grâce à la bienveillante autorisation du Comité international qui a la haute direction de cet établissement, j'ai pu mettre à contribution les ressources qui s'y trouvaient réunies sous ma main, et disposer, non seulement d'une collection d'instruments de précision de premier ordre, mais encore de termes de comparaison, pour les mesures de longueurs et de poids, bien déterminés et de valeurs exactement connues par rapport aux

([1]) *Comptes rendus*, t. XCVIII, p. 1034.

prototypes fondamentaux. J'ai profité de ces conditions exceptionnellement favorables pour chercher à atteindre, dans toutes les parties de cette étude, les dernières limites d'exactitude compatibles avec la nature de la question.

» Je me suis, avant tout, proposé de construire des étalons *qui eussent exactement la valeur de l'unité*. A cet effet, j'ai étudié des tubes trop longs; j'ai déterminé ensuite, par le calcul, les points auxquels ils devaient être coupés pour satisfaire à cette condition; et, enfin, en procédant avec de minutieuses précautions, par des retouches successives alternant avec des comparaisons avec un étalon de longueur connue, j'ai fait passer les sections extrêmes par les points ainsi définis. Les tubes employés, bien dressés au préalable, avaient la grosseur d'une tige thermométrique ordinaire, une longueur de $1^{m},20$ et une section intérieure de 1^{mmq} à peu près, aussi régulière que possible. Sur ces tubes on avait gravé une division millimétrique, sur une longueur de $1^{m},05$.

» Le calcul de la résistance d'une colonne de mercure exige la connaissance de la forme intérieure du tube de verre qui la contient, de sa capacité et de sa longueur.

» En ce qui concerne la forme intérieure des tubes, j'ai déterminé les *corrections de calibre*, ainsi que cela se pratique pour les thermomètres de premier ordre, et je me suis arrangé de manière à faire entrer ces corrections dans le calcul de la résistance. Le calibrage a été exécuté, entre les divisions 0 et 1050, de 50 en 50 divisions, au moyen de 20 colonnes de mercure successivement introduites dans le tube, et dont les longueurs étaient respectivement de 50^{mm}, 100^{mm}, ..., 950^{mm}, 1000^{mm} à peu près. Ce calibrage principal a été complété par deux calibrages complémentaires, de 10 en 10 divisions, pour les 10 premiers et les 10 derniers centimètres, afin d'obtenir, plus sûrement que par une interpolation, les corrections des points voisins des extrémités, corrections qui ont à certains points de vue une plus grande importance, et jouent un rôle spécial dans le calcul des longueurs des colonnes employées au jaugeage des tubes.

» Ce jaugeage a été fait par la pesée de colonnes de mercure mesurées à zéro dans le tube, et correspondant à une fraction de sa capacité déterminée par le calibrage précédent.

» Aux mesures de longueurs proprement dites, il a été nécessaire d'ajouter l'examen des échelles gravées sur les tubes, tant au point de vue de l'équidistance de leurs divisions qu'à celui de leur valeur absolue. On s'est servi pour ces études du *Comparateur universel* du Bureau. Des précautions particulières étaient nécessaires pour obtenir la longueur exacte des tubes,

après qu'on les a eu coupés et rodés progressivement, de manière à les amener aussi exactement que possible aux dimensions données par le Calcul.

» Enfin, comme les réductions à zéro de ces dernières observations impliquaient la connaissance de la dilatation des tiges de verre employées, j'ai mesuré cette dilatation pour les deux sortes de verre (verre vert ou *dur* et cristal à base de plomb) dont sont formés les étalons, par vingt séries de comparaisons avec l'une des règles de platine iridié du Bureau les mieux déterminées, à des températures variant entre 0° et 38° environ.

» Les tubes pénètrent par leurs extrémités dans de larges flacons à tubulure, pleins de mercure, et destinés à les intercaler dans un circuit. Ce mode de communication introduit, comme on le sait, une résistance additionnelle particulière qui se calcule d'après le diamètre du tube.

» J'ai construit ainsi quatre étalons, dont les résistances *théoriques*, calculées d'après l'étude géométrique des tubes, faite comme je viens de l'indiquer (en y comprenant la résistance de communication par le flacon), sont, en ohms légaux :

Étalon I....	$R_{(0)} = \overset{\omega}{0},999999$	Étalon III...	$R_{(0)} = \overset{\omega}{0},999979$	Moy. $\overset{\omega}{0},999994$
» II...	1,000004	» IV...	0,999994	

» Ces quatre étalons ont été comparés plusieurs fois entre eux, électriquement, dans toutes les combinaisons possibles. J'ai été aidé, dans cette partie du travail par M. de Nerville, qui a répété toutes les comparaisons et m'a assisté dans l'ajustement des copies dont il sera question tout à l'heure. Si l'on *admet* que les erreurs de construction commises sur chacun des quatre étalons se compensent, et, par suite, que la valeur moyenne 0,999994 est exacte, leurs résistances *réelles* à zéro seraient, d'après le résultat moyen de toutes nos observations,

Étalon I....	$R_{(0)} = \overset{\omega}{1},000017$	Étalon III...	$R_{(0)} = \overset{\omega}{0},999960$	Moy. $\overset{\omega}{0},999994$
» II...	0,999996	» IV...	1,000003	

» Les différences entre ces nombres et les précédents représenteraient les erreurs de construction commises sur chacun des étalons. La plus forte atteindrait environ $\frac{2}{1000000}$ d'ohm, et le résultat moyen pourrait être considéré comme exact à $\frac{1}{1000000}$ d'ohm à peu près.

» Ces étalons fondamentaux sont très fragiles, incommodes pour la pratique habituelle et peu propres à des opérations fréquemment répétées. J'ai construit, en outre, un certain nombre de copies qui donnent la même résistance sous une forme plus maniable. J'ai adopté une disposition analogue à celle que M. Mascart avait présentée à la Conférence. Ces copies,

dont j'ai l'honneur de mettre deux modèles sous les yeux de l'Académie, sont constituées par des colonnes de mercure contenues dans des tubes recourbés plusieurs fois sur eux-mêmes, symétriquement, et pénétrant par le haut dans des godets d'assez grand diamètre. Ces godets sont réunis au tube par des anneaux de caoutchouc, et restent ouverts, ce qui facilite l'ajustement et permet au besoin de renouveler le mercure. Ils ont été ajustés par comparaison, en rodant progressivement les extrémités du tube, avec soin, jusqu'à leur donner la résistance des étalons. Leur remplissage a toujours été fait, aussi bien que celui des étalons eux-mêmes, dans le vide. Il y aura, je crois, un certain intérêt à voir comment ces copies se comporteront, avec le temps, au point de vue de leur permanence, comparativement à des étalons de fil solide, maillechort, platine argent ou platine iridié.

» Le choix du mercure, ainsi que le mode d'introduction des étalons dans un circuit, exigent certaines précautions et ont fait l'objet d'études dans le détail desquelles je ne puis entrer.

» Je dois, en terminant, exprimer tous mes remerciements à M. Carpentier pour le concours dévoué et actif qu'il m'a prêté dans toute la partie de ce travail relative aux mesures électriques. »

OPTIQUE. — *Indices de réfraction des aluns cristallisés*. Note de M. **Ch. Soret**.

« J'ai eu l'honneur de communiquer à l'Académie, en septembre 1882, la description d'un instrument qui permet d'appliquer la méthode de la réflexion totale à la mesure des indices de réfraction des corps solides, pour les diverses radiations du spectre visible. Au moyen de cet instrument très commode et très précis, j'ai déterminé, pour les huit raies, *a*, B, C, D, E, *b*, F, G du spectre solaire, les indices de réfraction d'un certain nombre d'aluns cristallisés, savoir :

» Sept aluns d'alumine, quatre aluns de chrome, cinq aluns de fer, un alun d'indium que M. Marignac a bien voulu me confier, et deux aluns de gallium que je dois à l'obligeance de M. Lecoq de Boisbaudran.

» Les mesures ont toujours été répétées plusieurs fois, avec des réglages différents et sur plusieurs cristaux de chaque sel. J'ai pris les plus grandes précautions pour m'assurer de la pureté chimique de mes produits. Je crois pouvoir considérer les chiffres ci-dessous comme exacts en moyenne, à moins de deux unités près de la quatrième décimale, et comme ne présentant nulle part une erreur d'une unité de la troi-

sième décimale, si ce n'est peut-être pour les aluns de gallium [1], dont les indices sont probablement un peu faibles et dont j'ai l'intention de reprendre l'étude.

» J'ai déterminé, en outre, par la méthode de la balance hydrostatique, les densités de ces divers sels. Ces mesures, effectuées en général sur des cristaux d'assez grandes dimensions, et d'homogénéité un peu douteuse et variable, ne peuvent d'ailleurs pas être considérées comme très précises.

	$R^2Al^2, 4SO^4, 24H^2O$.				
R =	AzH⁴.	Na.	AzH³, CH³.	K.	Rb.
a...........	1,45509	1,43492	1,45013	1,45226	1,45232
B...........	1,45599	1,43563	1,45062	1,45303	1,45328
c...........	1,45693	1,43653	1,45177	1,45398	1,45417
D...........	1,45939	1,43884	1,45410	1,45645	1,45660
E...........	1,46234	1,44185	1,45691	1,45934	1,45955
b...........	1,46288	1,44231	1,45749	1,45996	1,45999
F...........	1,46481	1,44412	1,45941	1,46181	1,46192
G...........	1,46923	1,44804	1,46363	1,46609	1,46618
Densités....	1,631	1,667	1,568	1,735	1,852

	$R^2Al^2, 4SO^4, 24H^2O$.		$R^2In^2 4SO^2, 24H^2O$.	$R^2Ga^2, 4SO^4, 24H^2O$.	
R =	Cs.	Fl.	AzH⁴.	AzH⁴.	K.
a...........	1,45437	1,49226	1,46192	1,46124	1,46063
B...........	1,45517	1,49317	1,46259	1,46191	1,46149
c...........	1,45618	1,49443	1,46352	1,46282	1,46245
D...........	1,45856	1,49748	1,46636	1,46552	1,46499
E...........	1,46141	1,50128	1,46953	1,46848	1,46813
b...........	1,46203	1,50209	1,47015	1,46911	1,46854
F...........	1,46386	1,50463	1,47234	1,47121	1,47045
G...........	1,46121	1,51076	1,47750	1,47615	1,47508
Densités....	1,911	2,257	2,011	1,745	»

	$R^2Cr^2, 4SO^4, 24H^2O$.			
R =	AzH⁴.	K.	Rb.	Fl.
a.................	1,47911	1,47642	1,47660	1,51692
B.................	1,48014	1,47738	1,47756	1,51798
c.................	1,48125	1,47865	1,47868	1,51923
D.................	1,48418	1,48137	1,48151	1,52280
E.................	1,48744	1,48459	1,48486	1,52704
b.................	1,48794	1,48513	1,48522	1,52787
F.................	1,49040	1,48753	1,48775	1,53082
G.................	1,49594	1,49309	1,49323	1,53808
Densités..........	1,719	1,817	1,946	2,236

[1] Une partie du gallium que j'ai eu à ma disposition était de fabrication déjà ancienne, et s'est trouvé contenir un peu d'aluminium.

$R^2Fe^2, 4SO^4, 24H^2O$.

R =	AzH^4.	K.	Rb.	Cs.	Fl.
a...........	1,47927	1,47639	1,47700	1,47825	1,51674
B...........	1,48029	1,47706	1,47770	1,47921	1,51790
c...........	1,48150	1,47837	1,47894	1,48042	1,51943
D...........	1,48482	1,48169	1,48234	1,48378	1,52365
E...........	1,48921	1,48580	1,48654	1,48697	1,52859
b...........	1,48993	1,48670	1,48712	1,48867	1,52946
F...........	1,49286	1,48939	1,49003	1,49136	1,53284
G...........	1,49980	1,49605	1,49700	1,49838	1,54112
Densités...	1,713	1,806	1,916	2.061	2,385

» On peut faire les remarques suivantes sur les résultats qui viennen d'être exposés :

» 1° D'après les densités observées, le volume moléculaire ne semble pas tout à fait constant pour les divers termes de la série des aluns. Malgré quelques irrégularités, il semble plutôt varier d'une manière déterminée si l'on considère les termes correspondants des trois séries alumine, chrome et fer. Ce fait est analogue à ce qui se passe dans la série des chlorures, bromures et iodures alcalins.

» 2° La variation de l'indice n_D, par exemple, en passant d'un alun à l'autre, est sensiblement la même dans les trois séries. Il se manifeste ici une loi additive qui a été remarquée déjà dans d'autres composés. Il faut observer, à cet égard, que l'alun de soude a un indice beaucoup plus faible que celui de potasse, tandis que, dans la série des chlorures alcalins, le sel de soude vient se placer entre le sel ammoniacal et le sel potassique.

» 3° On remarquera que j'ai constamment obtenu, pour l'alun alumine-thallium, un indice beaucoup plus élevé que celui qui lui avait été attribué par M. Fock. Ce fait a quelque importance au point de vue de la théorie des propriétés optiques des mélanges isomorphes.

» 4° L'alun de méthylamine vient se placer, pour son indice de réfraction, entre les aluns de soude et de potasse, comme si, dans les aluns d'alumine, l'indice variait d'une manière continue avec le poids moléculaire du radical alcalin. Il sera curieux de savoir si ce caractère se retrouve dans les autres aluns organiques, et c'est là une question que je me réserve d'examiner. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les eaux de pluie de la ville d'Alger.* Note de M. CHAIRY, présentée par M. Debray.

« En opérant sur $0^{lit},5$ de pluie, réduisant à 50^{cc} ou 70^{cc}, il est facile, en faisant évaporer une goutte de liqueur sous le microscope, de suivre la

formation de magnifiques trémies; la cristallisation comprend en outre des cristaux losangiques, probablement des sels ammoniacaux.

» *Sel marin.* — Le dosage est très facile :

» $0^{lit},5$ d'eau, février. — Employé 1,1 de nitrate $\frac{N}{10}$ pour les $\frac{25}{34}$ de la liqueur, soit $0^{gr},0174$ par litre.

» 1^{lit}, du 24 février au 6 mars. — Employé 5,94 de nitrate $\frac{N}{10}$ pour les $\frac{27}{35}$, soit $0^{gr},043$ de sel par litre.

» $0^{lit},5$ du 19 mars au 3 avril. — Employé 22,1 d'Ag $\frac{N}{100}$, soit $0^{gr},0248$ par litre.

» $0^{lit},98$, du 13 au 15 avril (orage). — Employé 7,6 Ag $\frac{N}{100}$ pour les $\frac{18}{68}$ de la liqueur, ce qui fait $0^{gr},019$ de sel par litre.

» $0^{lit},89$, du 16 avril au 24 mai. — $0^{gr},0526$ par litre.

» $0^{lit},114$ du 15 au 16 septembre (orage). — $0^{gr},02$ par litre.

» $0^{lit},004$, du 12 septembre (orage). — $0^{gr},03$ par litre.

» L'influence du temps de chute est manifeste lorsqu'on consulte les chiffres des orages. La température moyenne n'a qu'une influence très restreinte : le maximum est en effet atteint pendant le mois d'avril, et ce maximum dépasse de beaucoup la quantité qui se trouve dans l'air après l'été, comme le démontrent les deux derniers dosages.

» Je dois ajouter que ces eaux de pluie proviennent de l'Observatoire météorologique, situé à une altitude de 40^{m}. Les poussières salines dépassent donc facilement cette altitude.

Fer. — Le fer se trouve surtout dans les résidus laissés par l'eau de pluie sur le filtre; le fer, que je dose en reprenant ces résidus par l'acide sulfurique faible, se trouve donc à l'état de sesquioxyde ou de carbonate. (On sait que ces minerais sont très abondant en Algérie.)

	Fer trouvé.
	gr
$0^{lit},95$ d'eau, du 13 février au 6 mars.........	0,00067
$0^{lit},5$ d'eau, fin mars......................	0,0042
1^{lit} d'eau (orage du 12 septembre)............	0,0039

» En général, il est toujours possible de constater le fer, même par le cyanure jaune.

» *Nitrite d'ammoniaque.* — J'ai recherché les sels ammoniacaux dans l'eau de pluie. Dans deux cas, j'ai trouvé peu ou point de nitrate, chose curieuse; au contraire, on constate facilement le nitrite par l'iodure d'amidon en présence de l'acide acétique; le dosage est très souvent possible en opérant sur $0^{lit},5$.

» $0^{lit},5$ d'eau, du 19 mars au 3 avril. — Employé 0,9 d'I $\frac{N}{200}$, soit $0^{gr},00029$ de sel par litre.

» Orage du 13 au 15 avril. — Dosage impossible.

» $0^{cm},89$, du 16 avril au 14 mai. — Employé 0,3 d'I $\frac{N}{200}$, tube 0,93 pour les $\frac{25}{70}$ de la liqueur, soit $0^{gr},00014$ de sel par litre.

» Orage du 15 au 16 septembre. — Impossibles de doser.

» Je n'ai jamais pu mettre en évidence le nitrite dans les bourres de filtrage, même en opérant sur 1^{mc} d'air.

» *Iode.* — J'ai recherché l'iode dans 1^{lit} d'eau de pluie, à trois reprises différentes, en évaporant, après addition de carbonate de soude, et électrolysant le liquide dans des conditions spéciales : je n'ai jamais obtenu le bleuissement de l'amidon. De même par le traitement chimique ordinaire.

» *Eau oxygénée.* — En suivant la marche indiquée par Schœne, et opérant sur 1^{lit} d'eau, je n'ai jamais rien obtenu. Si, comme il le prétend, l'eau oxygénée se produisait surtout sous l'influence de la lumière, la quantité maximum de 1^{mg} par litre, trouvée par lui, devrait être plus considérable en Algérie. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les composés carbonés combustibles existant dans l'air atmosphérique.* Note de MM. **A. Muntz** et **E. Aubin**, présentée par M. Hervé Mangon.

« On admet qu'il existe dans l'air des composés carburés; divers phénomènes naturels y versent, en effet, des carbures d'hydrogène parmi lesquels le gaz des marais est le plus abondant. Ces phénomènes se produisent, d'une manière générale, chaque fois que la matière organique se décompose en dehors de l'action de l'oxygène. Les mines de charbon, les eaux marécageuses, sont les sources les plus connues de ces gaz; la fermentation alcoolique qui, ainsi que l'un de nous l'a montré, se produit abondamment à la surface du globe, ajoute à ces gaz combustibles de la vapeur d'alcool.

» Th. de Saussure a, le premier, soupçonné la présence de gaz carbonés combustibles dans l'air; mais il n'en donne pas une preuve suffisante [1].

---

[1] De Saussure a opéré dans un eudiomètre, sur un très petit volume d'air; il eût fallu que cet air contînt des quantités énormes de carbures, pour donner la réaction qu'il croit avoir observée.

» M. Boussingault, dans ses mémorables recherches sur la composition de l'atmosphère, a repris l'étude des gaz carbonés contenus dans l'air. Admettant que ces gaz se trouvaient à l'état d'hydrogènes carbonés, il s'est attaché à déterminer l'hydrogène, en pesant l'eau produite par la combustion. Il a trouvé ainsi que l'air de Paris contenait, pour 10000^{vol}, $0^{vol},3$ à $1^{vol},3$ d'hydrogène supposé combiné au carbone.

» A l'occasion de nos recherches sur l'acide carbonique de l'air, nous avons été amenés à nous occuper des gaz carbonés combustibles, et nous avons cherché à en déterminer la proportion, en dosant l'acide carbonique produit par leur combustion. Quelques-unes de nos déterminations se rapportent à l'air de Paris; les autres à l'air de la plaine de Vincennes, pris à la ferme de l'Institut agronomique.

» Deux méthodes se sont offertes à nous : la première consiste à faire passer sur de l'oxyde de cuivre chauffé au rouge de l'air complètement dépouillé d'acide carbonique, ainsi que de poussières en suspension et à recueillir, pour le doser en volume, l'acide carbonique produit par cette combustion.

» Ce procédé peut donner lieu à une objection : les gaz ou vapeurs carbonés ne seraient-ils pas retenus, au moins en partie, par la potasse qui sert à absorber l'acide carbonique préexistant? Nous avons donc employé, comme contrôle, une autre méthode, moins simple, d'une exécution très délicate, mais échappant à l'objection formulée plus haut. Cette seconde méthode consiste à opérer sur deux volumes d'air identiques, pris au même moment et au même point. L'un de ces volumes d'air abandonnait son acide carbonique à un tube à pierre ponce potassée; l'autre traversait, avant cette absorption, un tube contenant de l'oxyde de cuivre chauffé au rouge, ou mieux de la pierre ponce imprégnée d'oxyde de cuivre. On avait ainsi, d'un côté, l'acide carbonique contenu dans le volume d'air employé; de l'autre côté, la même quantité d'acide carbonique augmentée de celle que produisait les gaz carbonés par la combustion. Cette dernière méthode a été contrôlée par des expériences à blanc, destinées à nous fixer sur la limite de la précision dont elle est susceptible. Ces recherches se sont faites dans les conditions dans lesquelles nous avons opéré les dosages de l'acide carbonique de l'air, mais en opérant sur des volumes d'air beaucoup plus considérables (1000^{lit} à 1500^{lit}), et en augmentant encore la précision du dosage de l'acide carbonique. Les deux méthodes ont d'ailleurs conduit à des résultats identiques.

» Nous ne croyons pas utile d'insister sur les précautions prises pour

opérer la filtration parfaite de l'air; la combustion est assurée par le passage lent à travers un long tube à oxyde de cuivre chauffé au rouge; l'absorption de l'acide carbonique et sa détermination en volume ont été l'objet de soins particuliers.

» La quantité d'acide carbonique dosant les gaz carbonés combustibles a varié, à la station de Paris, au Conservatoire des Arts et Métiers, de 3 à 10 millionièmes en volume; mais nous sommes là dans un centre où l'air peut être souillé de gaz d'éclairage ou de produits de combustion incomplète.

» Dans la plaine de Vincennes les quantités ont varié entre $2^{vol},0$ et $4^{vol},7$ pour 1 million de volumes d'air. La moyenne des résultats, se rapportant aux mois d'octobre, novembre et décembre 1882, est égale à $3^{vol},3$ d'acide carbonique dosant les gaz carbonés, pour 1 million de volumes d'air. On peut donc dire que la quantité de gaz ou vapeurs carbonés combustibles existant dans l'air se mesure par une quantité d'acide carbonique 100 fois plus petite que celle de l'acide carbonique normal de l'air.

» Si nous calculons ce que cette quantité de carbone représente d'hydrogène en volume, en admettant que le carbone soit tout entier à l'état d'hydrogène protocarboné, nous obtenons $\frac{16}{1000000}$. Les chiffres trouvés par M. Boussingault sont plus élevés et compris entre $\frac{30}{1000000}$ et $\frac{130}{1000000}$; mais ces chiffres se rapportent à l'atmosphère de Paris, dans laquelle nous avons trouvé nous-mêmes une quantité de carbone plus élevée qui correspondrait à 33^{vol} d'hydrogène. Nos résultats en ce qui concerne l'air de Paris sont donc d'accord avec les chiffres les moins élevés de M. Boussingault. Il reste cependant à examiner s'il n'existe pas, dans l'air normal, une certaine quantité d'hydrogène libre.

» Nous avons parlé plus haut des causes naturelles continues qui déversent dans l'atmosphère des gaz ou vapeurs carbonés combustibles. On peut se demander si l'atmosphère terrestre est destinée à s'enrichir indéfiniment en composés analogues, ce qui aboutirait, en fin de compte, à la transformation complète de l'acide carbonique de l'air en gaz ou vapeurs impropres à rentrer dans le cycle de la vie organique, ou bien s'il existe une cause qui arrête cette accumulation et qui fait repasser à l'état d'acide carbonique ces gaz carbonés. Nous trouvons cette cause dans l'étincelle électrique qui sillonne les parties inférieures de l'atmosphère et dont l'action continue est surtout manifeste sous les tropiques. Déjà M. Boussingault avait pensé qu'il devait en être ainsi. Nous admettons cette opinion après l'avoir vérifiée par des observations directes. Nous avons, à cet effet, fait

passer dans un tube dans lequel on produisait des décharges électriques de l'air préalablement privé d'acide carbonique et dans lequel on avait introduit des quantités d'hydrogène protocarboné extrêmement minimes, voisines de celles qui existent normalement dans l'air. L'étincelle électrique a eu pour effet de produire de l'acide carbonique aux dépens de l'hydrogène protocarboné. On peut donc admettre que les décharges électriques dont l'atmosphère terrestre est le siège ont pour résultat de brûler les gaz carbonés qui se trouvent dans l'air et que le carbone immobilisé ne s'accumule pas et repasse incessamment à l'état d'acide carbonique. »

CHIMIE. — *Sur le trifluorure d'arsenic.* Note de M. H. MOISSAN, présentée par M. Debray.

« Le trifluorure d'arsenic a été préparé par Dumas qui, après avoir été blessé en recueillant une certaine quantité de ce produit, a cependant étudié quelques-unes de ses propriétés ([1]) et en a établi la composition ([2]).

» Mac Ivor ([3]) a repris l'étude de ce composé, en a déterminé la densité et le point d'ébullition et a indiqué une nouvelle méthode de préparation.

» Pour obtenir la trifluorure d'arsenic, il suffit de chauffer dans un appareil en plomb un mélange formé de parties égales de fluorure de calcium et d'acide arsénieux sec et bien exempt de chlore, avec le double de son poids d'acide sulfurique monohydraté. Il est bon de ne pas pousser trop loin la distillation, sans quoi il passe dans le récipient, à la fin de l'expérience, un liquide huileux non miscible avec le fluorure d'arsenic et plus léger que ce dernier.

» Le trifluorure d'arsenic est un corps liquide, incolore, très mobile, fumant à l'air. Le dosage de l'arsenic qu'il contient conduit exactement à la formule $AsFl^3$. Son point d'ébullition a été trouvé de 63°, sous la pression de 752^{mm} (de 63° à 66°, d'après Mac Ivor). Sa densité, prise par la méthode du flacon, était de 2,734 (2,73, Mac Ivor). Dumas avait établi que le trifluorure d'arsenic, en présence de l'eau, se décomposait immédiatement en acide arsénieux et acide fluorhydrique.

([1]) Note sur quelques composés nouveaux, extraite d'une Lettre de Dumas à Arago (*Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XXXI, p. 433).

([2]) DUMAS, *Traité de Chimie*, t. I, p. 359.

([3]) MAC IVOR, *Sur le fluorure d'arsenic* (*Chemical News*, t. XXX, p. 169, et t. XXXII, p. 232).

» Mis en présence de l'iode, le trifluorure d'arsenic en dissout une certaine quantité en prenant une coloration d'un rouge pourpre. Il se combine au brome sous l'action d'une légère élévation de température et fournit un corps cristallisé qui sera examiné plus tard. Le trifluorure d'arsenic est soluble dans la benzine.

» L'action de la chaleur sur le trifluorure d'arsenic a été étudiée avec soin. Dans une cloche courbe remplie de mercure, on fait passer une petite quantité de fluorure d'arsenic. On chauffe légèrement, de façon à amener le liquide à l'état gazeux; puis la partie courbée est portée au rouge sombre pendant environ trente minutes. L'appareil reprend ensuite la température du laboratoire. Dans ces conditions, il ne se forme pas de dépôt d'arsenic, mais une poussière blanchâtre tapisse l'intérieur de l'éprouvette et il reste un corps gazeux qui est entièrement formé de fluorure de silicium. En présence du verre au rouge sombre, le fluorure d'arsenic fournit donc de l'acide arsénieux et du fluorure de silicium.

» Nous avons démontré dans une Note précédente (¹) que, sous l'action de la chaleur dans une cloche de verre, le trifluorure de phosphore se dédoublait en phosphore, acide phosphorique et fluorure de silicium. La quantité d'oxygène abandonnée par l'acide silicique n'est pas suffisante, en effet, pour transformer la totalité du phosphore en acide phosphorique.

$$4PhFl^3 + 6SiO^2 = 3Si^2Fl^4 + 12O + 4Ph.$$

» Au contraire, dans l'action de la chaleur sur le trifluorure d'arsenic en présence de silicates, il ne se produit pas de dépôt d'arsenic; ce corps est complètement transformé en acide arsénieux, par l'oxygène de la silice

$$4AsFl^3 + 6SiO^2 = 3Si^2Fl^4 + AsO^3.$$

» Enfin nous avons fait agir sur le fluorure d'arsenic un courant de 25 éléments Bunsen montés en série.

» Le fluorure d'arsenic bien pur était placé dans un petit creuset de platine qui servait d'électrode négative annulaire. Un fil de platine de petit diamètre, en contact avec le pôle positif, arrivait au milieu du creuset suivant son axe et s'arrêtait à un demi-centimètre du fond. En faisant passer le courant, on voyait l'arsenic se déposer rapidement sur le creuset; autour du fil de platine, il se dégageait, bulle à bulle, un corps gazeux. Le

(¹) H. Moissan, *Sur le trifluorure de phosphore* (*Comptes rendus*, t. XCIX, p. 65).

fluorure d'arsenic conduit mal l'électricité; la réaction est assez lente et elle s'arrête après quelques minutes, l'arsenic qui se dépose sur le platine étant un corps mauvais conducteur qui interrompt le courant et par conséquent la décomposition. Le fil de platine formant le pôle positif est attaqué superficiellement par le gaz qui se dégage. On sait qu'il en était de même dans les belles expériences de M. Fremy sur la décomposition des fluorures métalliques par l'électricité (1).

» Le trifluorure d'arsenic est un composé dangereux à manier; mis en contact avec la peau, il produit des ulcérations profondes et douloureuses. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Réaction de l'oxyde ferrique, à haute température, sur quelques sulfates.* Note de M. **Scheurer-Kestner**, présentée par M. Friedel.

« Lorsqu'on calcine au rouge blanc un mélange de 2 parties de sulfate de calcium et 1 partie d'oxyde ferrique, tout le soufre du mélange est expulsé. Il reste dans le creuset une masse fondue soluble dans les acides faibles, même dans l'acide acétique qui enlève peu à peu tout le calcium, tandis qu'il reste de l'oxyde ferrique insoluble; toutefois la dissolution calcique renferme de petites quantités de fer. Les gaz qui se dégagent pendant la calcination sont composés d'abord d'anhydride sulfurique; puis, quand l'opération est plus avancée, d'acide sulfureux et d'oxygène; mais il est évident que la réaction fondamentale est donnée par le dégagement de l'anhydride sulfurique et que son remplacement par les deux autres gaz n'est dû qu'à une élévation trop grande de la température qui provoque la décomposition de l'anhydride. Il est probable que le mélange entre en fusion, que la fusion provoque une double décomposition avec formation de sulfate ferrique et d'oxyde de calcium et que c'est la décomposition du sulfate ferrique par la chaleur qui donne lieu au dégagement d'anhydride; je ne vois pas d'autres explications à donner de cette intéressante réaction.

» J'ai cherché à abaisser la température de la fusion, et par conséquent de la décomposition, de manière à éviter la décomposition de l'anhydride,

---

(1) Fremy, *Recherches sur les fluorures* (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLVII, p. 5).

espérant arriver à obtenir ce dernier corps exclusivement. L'emploi des chlorure et fluorure de calcium a beaucoup retardé la décomposition de l'anhydride, qui a été obtenu en quantité plus grande; mais les creusets n'ont pas résisté à l'action corrosive de ce mélange, qui renfermait parties égales de chaque substance.

» On observe la même réaction avec d'autres sulfates des métaux diatomiques. Le sulfate de plomb est complètement décomposé par l'oxyde ferrique. Le culot obtenu ne renferme plus que de l'oxyde ferrique, cristallisé en partie, et de l'oxyde de plomb. Traité par l'acide azotique, les oxydes s'y dissolvent sans dégagement de vapeurs nitreuses. L'acide acétique dissout l'oxyde de plomb à froid. Le sulfate de plomb paraît se décomposer à une température moins élevée que le plâtre. Au commencement de l'opération, il se dégage toujours de l'anhydride, remplacé plus tard par de l'acide sulfureux et de l'oxygène.

» Il en est de même du sulfate de magnésium, qui se comporte comme le plâtre. Sans fondant, il ne se dégage que de l'acide sulfureux et de l'oxygène; avec du fluorure de calcium, c'est de l'anhydride sulfurique.

» Lorsque, dans ces différentes opérations, on ajoute assez de fondant, on peut provoquer la réaction sur un bec ordinaire de Bunsen, et l'on obtient d'abondantes vapeurs d'anhydride sulfurique : c'est le résultat fourni par un mélange composé de 175 parties de plâtre, 100 de fluorure de calcium et 100 d'oxyde ferrique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le ferment ammoniacal.* Note de M. **A. Ladureau**, présentée par M. Schlœsing.

« Voici le résultat des dernières expériences que j'ai entreprises et que j'ai commencées il y a trois ans, dans le but d'étudier le ferment ammoniacal, c'est-à-dire celui qui transforme l'urée en carbonate d'ammoniaque, et de déterminer son rôle et sa présence dans la nature. Ce ferment existe en quantités considérables dans le sol, dans l'air atmosphérique, dans les eaux de la surface du sol et dans celles qui y tombent sans cesse, et dans beaucoup d'eaux souterraines.

» Il agit aussi facilement dans le vide barométrique que sous une pression normale, ou même sous une pression de 3^{atm}. Il décompose l'urée aussi bien en présence de l'air que des gaz oxygène, azote, hydrogène, acide carbonique, protoxyde d'azote.

» Sauf le chloroforme qui agit sur lui d'une manière notable en retardant son action, les agents anesthésiques n'exercent guère d'action sur lui. Quant aux antiseptiques, il en faut des quantités relativement assez élevées pour l'empêcher de déterminer la fermentation.

» Le rôle que joue ce ferment dans la nature est considérable, il transforme, en sels plus assimilables par les plantes, toute l'urée produite par le règne animal, et met ainsi chaque jour à la disposition des végétaux des millions de kilogrammes de sels ammoniacaux. Je vais chercher un corps susceptible d'entraver momentanément l'action de ce ferment, afin d'éviter la perte d'azote considérable qu'éprouvent les cultivateurs par suite de la transformation de l'urée, dans la fermentation des fumiers, en carbonate d'ammoniaque qui se volatilise en partie. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de l'amylase dans les feuilles.* Note de M. L. **Brasse**, présentée par M. Berthelot.

« Dans le cours d'un travail commencé au laboratoire de M. Dehérain, sur le rôle physiologique de l'amylase, j'ai pu constater un fait qui me paraît devoir être signalé : c'est la présence constante de l'amylase dans toutes les feuilles que j'ai étudiées, celles de Pomme de terre, Dahlia, Topinambour, Maïs, Betterave, Tabac et Ricin, ainsi que dans les graines en voie de formation de Pavot à opium, d'Œillette, de grand Soleil et de Ricin.

» L'amylase est extraite par le procédé Dubrunfaut. Après avoir été contusées dans un mortier, les feuilles ou les graines sont mises en digestion dans l'eau froide. Au bout de vingt-quatre heures, on presse, on additionne le jus d'une fois et demie son volume d'alcool à 90-93 GL., et l'on filtre. Le liquide filtré est de nouveau additionné de la même quantité d'alcool ; on laisse déposer, on décante le liquide clair et on recueille le précipité sur un filtre, où on le lave deux ou trois fois avec une petite quantité d'alcool à 65 GL.

» L'amylase, quand il y en a, se trouve dans ce précipité. Pour y déceler sa présence, on introduit, dans un flacon de 60^{cc}, $0^{gr},5$ d'amidon à l'état d'empois, 10^{cc} de la solution aqueuse d'amylase et 20^{cc} d'eau. La solution diastasique est telle que 10^{cc} correspondent à 10^{gr} de feuilles fraîches.

» Les flacons ainsi préparés sont mis au bain-marie à 63°. Ils y sont accompagnés d'un nombre égal de flacons contenant la solution diastasique seule. On dose le sucre réducteur par différence.

» Chaque flacon est bouché au liège et reçoit huit à dix gouttes de chloroforme. L'analyse du sucre est précédée d'un examen au microscope.

» Dans ces conditions, je n'ai jamais constaté la présence des microbes; dans tous les cas, l'amidon a été transformé comme à l'ordinaire, en donnant un sucre réducteur mélangé de dextrine. »

VITICULTURE. — *Sur la levure de vin cultivée.* Note de M. A. **Rommier.**

« Au mois de juin dernier, j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie une Note relative à l'emploi de la levure de vin cultivée, destinée à hâter la fermentation des moûts et à en diminuer la durée, lorsque la vinification a lieu à une température relativement basse. L'ensemencement des moûts avec cette levure a aussi pour but de prévenir le développement des fermentations secondaires, sans qu'il soit nécessaire de recourir à la stérilisation préalable. Mes expériences avaient eu lieu sur du *chasselas;* je les ai reprises cette année sur des raisins de différents cépages.

» La température élevée du mois de septembre n'a pas été favorable à des expériences de cette nature; je n'en ai pas moins reconnu que l'addition de la levure a encore pour effet de diminuer la durée de la fermentation.

» Le 29 août, par une température de 21°, qui s'est élevée les jours suivants à 23°, pour s'abaisser un moment à 18°, une fermentation de 4^{kg} de *petit pineau précoce*, additionnée de levure cultivée, a précédé de huit heures celle qui s'est produite naturellement. Elle a été tumultueuse quarante-huit heures avant cette dernière et elle a pris fin quarante-huit heures plus tôt. La température du moût s'est élevée à 23°, pendant que celle de l'air ambiant n'était que de 22°.

» Une seconde expérience, faite avec des raisins des environs de Paris, commencée le 29 septembre, par une température de 20°, variant les quatre jours suivants de 19° à 20°, pour s'abaisser ensuite sensiblement en l'espace de quinze jours à 12°, a donné des différences bien plus marquées entre les deux modes de vinification. Ces raisins, blancs et rouges, des variétés dites *meunier* et *gamay*, ont été cueillies à Bagneux, la veille des vendanges. Ils étaient de bonne qualité, parfaitement mûrs et n'avaient pas été soufrés pour les préserver de l'oïdium. On pouvait donc les considérer comme ayant mûri dans les conditions requises pour que le Champignon qui fournit la levure de vin se soit développé normalement sur la pellicule du fruit.

» On a introduit ces raisins bien écrasés dans des flacons, dont le n° 1 a contenu 2^{kg},500 de meunier; le n° 2, même quantité de ce raisin avec 35^{cc} d'un moût contenant de la levure de vin bien développée, dont la dernière culture remontait à huit jours; le n° 3, 2^{kg},500 de gamay, et le n° 4, même quantité de ce raisin avec 35^{cc} de la levure de vin. Les flacons,

fermés avec des bouchons de liège traversés par des tubes de verre coudés dont l'extrémité opposée plongeait dans l'eau, livrait ainsi un libre passage au dégagement d'acide carbonique. Enfin, les tubes de verre ont été choisis sensiblement d'un même diamètre, pour qu'en comptant le nombre de bulles de gaz dégagées à la minute, on pût constater chaque jour, assez exactement, la marche de ces fermentations, qui est détaillée au Tableau suivant :

Dates.	Température.	N° 1. Meunier sans levure. Bulles.	N° 2. Meunier. avec levure. Bulles.	N° 3. Gamay sans levure. Bulles.	N° 4. Gamay avec levure. Bulles.
	o				
29 sept., minuit....	20	0	0	0	0
30 » 10h matin.	19	0	0	0	0
30 » 1h soir...	20	0 (?)	1	1	1
30 » minuit....	20	0 (?)	5	3 ½	3
1er oct., midi.....	19	2	17	3	17
» minuit....	20	3	60	4	59
2 » midi.....	19	3 ½	39	3	63
» minuit...	19,5	6	25	3 ½	58
3 » midi.....	19	3	20	2 ½	40
4 » midi.....	17,5	2 ½	19	2	14
6 » midi.....	16	3	4	2	0
7 » midi.....	16	3	2	1 ½	0
8 » midi.....	15,5	3 ½	1 ½	1 ½	
9 » midi.....	16	5	2	2	
10 » midi.....	15	5	0	2 ½	
11 » midi.....	13	5		2 ½	
12 » midi.....	12	5		4 ½	
13 » midi.....	12	5 ½		4 ½	
14 » midi.....	12	4 ½		4 ½	
15 » midi.....	13	5		9	
16 » midi.....	13,5	15		18	
17 » midi.....	14,5	18		27	
19 » midi.....	15,5	13		10	
20 » midi.....	15	9		4	
21 » midi.....	14,5	4		2	
24 » midi.....	13	1 ½		1 ½	
28 » midi.....	13	1 ½		1 ½	
30 » midi.....	12	0		1	
Alcool pour 100..		9,55	8,95	9,75	9,70

» D'après ce Tableau, les deux fermentations faites naturellement n'ont commencé à se lancer un peu vivement que vers le dix-septième jour et se sont terminées en l'espace d'un mois. Celles au contraire qui ont reçu de la levure sont devenues tumultueuses en trente-six heures et ont été finies le sixième et le dixième jour. On a même pu faire successivement, pendant la durée des deux fermentations sans levure, deux vins de sucre à 10 pour

100 d'alcool avec le marc du n° 4, en remplaçant le vin tiré par de l'eau sucrée. Dans le même espace de temps, il n'en a été fait qu'un seul avec le n° 2.

» La température des moûts n'a pas dépassé de plus d'un degré celle de l'air extérieur.

» Ces fermentations ont été plus ou moins actives suivant la rapidité de la reproduction et du développement de la levure; on peut même dire que celle qui a été ajoutée est la seule qui ait agi, et la rapidité de son action a été telle que la levure provenant de la pellicule du raisin n'a pas eu le temps d'intervenir. En effet, les moûts n°s 2 et 4 examinés au microscope, le cinquième jour de l'expérience, contenaient de nombreux grains de ferment entièrement développés; le fait était surtout remarquable pour le n° 4, dont la fermentation a été la première achevée. Ceux, au contraire, des n°s 1 et 3 paraissaient plus rares et d'un très petit diamètre. Ils ont commencé à prendre de la croissance vers le dixième jour, pour acquérir leur grosseur ordinaire aux environs du quinzième, au moment de l'accélération de la fermentation.

» Il résulte de cette observation qu'on aurait plutôt intérêt à ajouter la levure quand elle a acquis son plein développement.

» Des faits analogues doivent se produire quand les vendanges ont lieu par les temps froids et que les marcs mettent souvent toute une semaine avant de se soulever. C'est alors que l'addition de la levure serait d'un emploi avantageux; elle accélérerait et régulariserait la fermentation; elle arrêterait le développement des mauvais germes et assurerait ainsi la conservation des vins. »

MINÉRALOGIE. — *Addition à une Note sur une pegmatite à grands cristaux de chlorophyllite des bords du Vizézy, près de Montbrison (Loire).* Note de M. F. Gonnard, présentée par M. Damour.

« Dans ses *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle du département de la Loire*, Passinges donne, sur deux filons de feldspath (*pegmatite*) des environs de Montbrison, des détails assez nombreux pour qu'il ne soit pas très difficile à un minéralogiste de retrouver ces filons. Mais si, dans mes premières excursions, j'ai été assez heureux pour retrouver, dans les gorges du Vizézy, cette belle pegmatite avec ses éléments constitutifs, tels que les indiquent Passinges et de Bournon (feldspath blanc jaunâtre, beaux cristaux de quartz enfumé, mica blanc argenté, tourmaline noire); si, de plus, j'ai découvert dans cette roche la chlorophyllite en gros cristaux plus ou moins réguliers, ou en masses laminaires, par contre, je n'ai pu rencontrer la moindre trace d'andalousite ou d'émeraude.

» Toutefois, comme j'avais observé sur le feldspath de petits cristaux

blancs d'apatite, espèce que ne mentionne pas Passinges, mais que semble soupçonner de Bournon (*Lettre à M. Delamétherie sur le spath adamantin et l'adulaire*), je me décidai, dans la pensée que je finirais peut-être par retrouver au moins l'une des deux dernières espèces citées par Passinges, à revenir explorer ces filons. J'eus alors la bonne fortune de recueillir plusieurs petits prismes hexagonaux de couleur verte plus ou moins foncée, et, selon l'expression de Passinges, *tronqués aux deux bouts*. Je les pris d'abord pour de l'émeraude. Mais, trouvant, ainsi que Bournon lui-même l'avait remarqué, que la dureté de ces cristaux était notablement inférieure à celle du béryl, je me décidai à sacrifier l'un d'eux à un essai chimique. Il ne me fut pas difficile de reconnaître que j'avais affaire à de l'apatite.

» Ainsi, ces divers gisements minéralifères des bords du Vizézy, où j'ai retrouvé assez aisément tout ce qu'indique Passinges, soit : grosses pseudomorphoses de quartz d'après des scalénoèdres de calcite, masses de résinite brun jaunâtre, filons de pegmatite, etc., ne m'ont offert ni andalousite, ni émeraude; mais bien de la chlorophyllite et de l'apatite, minéraux dont ne parlent ni de Bournon, ni Passinges.

» En outre, les deux seuls prismes que la collection d'Allard, à Montbrison, ait renfermés sous la désignation d'andalousite du Forez, prismes décrits et cités par Gruner, appartiennent à l'aragonite.

» Je ne prétends pas, toutefois, malgré cette erreur assez singulière, que l'andalousite n'ait pu se trouver dans la pegmatite de Vizézy, ce minéral étant souvent associé à la chlorophyllite; et c'est ainsi, pour prendre un exemple sur le sol français, qu'elle a été découverte aux environs de Nantes.

» Mais, quant à l'émeraude, il me semble que la description de Passinges et les doutes exprimés par de Bournon, joints aux observations que j'ai faites moi-même, ne peuvent laisser place à l'hésitation touchant l'appréciation de l'erreur commise à cet égard. Ces émeraudes, les premières qui, d'après de Bournon, avaient été *citées comme indigènes de la France*, ne sont qu'une apatite verte, telle que celle dont j'ai parlé dans un autre Travail [*Sur la Vaugnérite d'Irigny* (*Comptes rendus*, 19 novembre 1883)] et dont la carrière du Diable, près d'Irigny (Rhône), m'a fourni de si nombreux et parfois si parfaits échantillons, que les anciens minéralogistes lyonnais rapportaient invariablement à l'émeraude; telle encore que celle citée par Lecoq et Bouillet dans les pegmatites des bords de l'Allier, à quelque distance au-dessous de Coudes, toujours sous le nom d'émeraude.

» L'apatite de la pegmatite du Vizézy offre un caractère fréquent d'ailleurs dans ce minéral; elle est tabulaire, comme les cristaux du val de Medels ou de Knappenwand. Les prismes n'ont sur les arêtes de la base que de faibles troncatures, qui pourraient passer même pour des effets de corrosion. Le plus grand de ceux que j'ai recueillis n'a guère plus de 8^{mm} de diamètre, sur $3^{mm},5$ de hauteur; il n'est pas homogène comme couleur; une partie est d'un vert foncé, le reste presque incolore. Examinée avec la loupe et sous une vive lumière, la base, qui paraît très unie à simple vue, montre des figures hexagonales juxtaposées, quelques-unes très régulières, aux contours très déliés et d'une grande netteté. Chacune de ces figures, prises isolément, comprend un certain nombre d'hexagones concentriques, indiquant les zones d'accroissement de chacun des cristaux élémentaires, qui composent le prisme, et en décèlent ainsi la structure complexe. »

M. Chapel adresse une Note intitulée « Existence d'une relation périodique entre les densités des corps simples et leurs poids atomiques ».

M. L. Grezel adresse une Note sur quelques expériences d'électricité.

La séance est levée à 4 heures trois quarts. J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 10 novembre 1884.

Annales de la Société d'Emulation du département des Vosges, 1884. Épinal, V. Collot; Paris, A. Goin, 1884; in-8°. (Trois exemplaires.)

Annales de la Société d'Agriculture, Sciences, Arts et Belles-Lettres du département d'Indre-et-Loire; t. LXII, janvier à décembre 1883. Tours, impr. Rouillé-Ladevèze, 1883; in-8°.

Société des Sciences médicales de Gannat. Compte rendu des travaux de l'année 1883-1884. Paris, Delahaye et Lecrosnier, 1884; in-8°.

Sociétés et matériel de secours pour les blessés militaires (*Exposition de* 1878);

par M. le Dr Gruby. Paris, E. Lacroix, 1884; in-8° relié. (Présenté par M. le baron Larrey.)

Traité pratique d'électricité industrielle; par E. Cadiat et L. Dubost. Paris, Baudry, 1885; in-8°.

Faune de la Sénégambie; par A.-T. de Rochebrune. *Oiseaux.* Paris, O. Doin, 1884; in-8°.

Résumé météorologique de l'année 1883 *pour Genève et le grand Saint-Bernard; par* A. Kammermann. Genève, Schuchardt, 1884; in-8°.

Sur les homodynamies qui existent entre la main et le pied des Mammifères. — Sur les éléments morphologiques du manubrium du sternum chez les Mammifères, etc. etc.; par M. P. Albrecht. Bruxelles et Berlin; 5 br. in-8°.

Atti dell'Accademia pontificia de' Nuovi Lincei, anno XXXVI, sessione IIa del 28 gennaio; sessione IIIa del 18 febbraio; sessione IVa del 18 marzo 1884. Roma, 1884; 2 liv. in-4°

Delle ammoniti del Veneto che furono descritte e figurate da T.-A. Catullo. Nota di G. Omboni. Venezia, tipogr. Antonelli, 1884; br. in-8°.